

何香凝美术馆
艺术史名著译丛

范景中 主编

乔托的几何学遗产

科学革命前夕的美术与科学

〔美〕小塞缪尔·Y. 埃杰顿 著
杨贤宗 张 茜 译

商务印书馆
创于1897 The Commercial Press

何香凝美术馆·艺术史名著译丛

本书是小塞缪尔·Y. 埃杰顿教授在美术史领域多年研究的成果，探讨了西方发端于17世纪伽利略的“科学革命”与距之300年前由乔托开启的文艺复兴“艺术革命”之间的传承关系，揭示了文艺复兴时期绘画、雕塑和建筑在“现代科学”中所发挥的决定性作用。

作者认为，早在莱奥纳尔多之前，不知名的“工匠–工程师”塔科拉和马丁尼已构想出一种描述性几何图语言，而文艺复兴重现自然的艺术方法则有助于发展伽利略、哈维以及笛卡尔的科学想象力，因此熟悉以透视和明暗法描绘图像的伽利略才会即刻判断出他通过望远镜观察到的月球光暗领域为山峰和陨石坑。他强调，西方在观看方式上的独特成就是现代科学兴盛的前提。同时，他还将文艺复兴时期欧洲的科学和美术与明代中国相比较，认为当时的中国对“现实”的认知受制于另一套艺术体系。

本书包含了近150张丰富生动的精美插图，相信会受到美术史家、科学史家以及其他对文化史有兴趣者的喜爱。

http://www.cp.com.cn
上架建议：艺术　艺术史


商务印书馆官方微信

ISBN 978-7-100-15604-2



定价：72.00元



何香凝美术馆·艺术史名著译丛

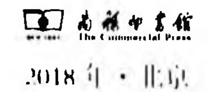
范景中　主编

乔托的几何学遗产

科学革命前夕的美术与科学

〔美〕小塞缪尔·Y. 埃杰顿　著

杨贤宗　张　茜　译



2018年·北京

目　录

序　言

几何学、文艺复兴美术与西方文化*

仅仅对自然有兴趣是不够的，有限的实验行为是不够的，经验性的教育是不够的，预测日食月食与历法计算也是不够的——所有这些中国人都具备。显而易见，唯有商业文化能够为农业官僚政治文化所不能为——使得以往分离的数学学科与自然知识相融合。

——李约瑟［Joseph Needham］，

《文明的滴定》［*The Grand Titration*］（1969）

为何资本主义欧洲1500年后在世界上所有文明中第一个发展起通常所理解的现代科学，快速领先于先前高度发展的东方文明？[1]为何西方艺术革命与科学革命两方面最为显著的成就产生于同一个地方——托斯卡纳的佛罗伦萨

* 感谢金·费尔特曼［Kim Veltman］对序言（及后续章节）中的观点提出良好建议。尤其感谢他让我分享未出版的手稿；见参考书目：费尔特曼（2）和（3）。若是我在这里引证尚不充分，那是因为我期待它们即将面世，并期待随后评论中的赞同与异议。

1 在追寻西方现代科学突然兴起的各种理由时，我参考过下列作者的观点并觉得特别有益：伯特［Burtt］、巴特菲尔德［Butterfield］、萨顿［Sarton］、霍尔［A. R. Hall］（1）、普莱斯［Price］、罗西［P. Rossi］、海伊卢普［Haytop］（2）、A. C. 克龙比［Crombie］（1）

城？[1]仅仅因为文艺复兴美术的奠基者乔托［Giotto］与现代科学的创始人伽利略［Galileo］都是托斯卡纳人这一巧合？

3　对于所有这些问题，至少有一个答案存在于文艺复兴时期欧洲与同时期东方绘画艺术之间的差异。只需将普通的西方文艺复兴风格的科学插图与传统中国和伊斯兰国家的示例做一比较即可。如将罗伯特·胡克［Robert Hooke］1667年巨著《显微术》［*Micrographia*］中所刊印的绿头苍蝇版画（图I-1）与归于中国元代画家钱选名下的《草虫早秋图》中所描绘的类似主题的局部（图I-2）做比较。[2]

4　我们即刻看出中国画家以罕见的敏感性表现出飞行中昆虫的轻盈特性，而胡克（他可能仅仅为版画制作底稿）只是强调苍蝇翅膀固定的几何结构，而没有表明它们实际的飞行状态。当然，胡克是在观察一只死的苍蝇。在西方，我们认为这是理所当然的，要是想了解有机物或无机物的构造，我们首先必须将其想象为**静物**［*nature mort*］（如同一幅夏尔丹的静物）[3]，将所有组成部分转化为客观固定的几何关系。在这些图画中，正如亚瑟·韦利［Arthur Waley］的嘲讽，“本丢·彼拉多［Pontius Pilate］与咖啡罐都是垂直的圆柱体”[4]。对于传统的中国人而言，这种方法在科学与审美两方面都是荒谬的。

为何我敢于将一位大画家的杰作与一位普通版画家的纯说教图联系起来？毕竟，许多优秀的西方画家如雅各布·利戈齐［Jacopo Ligozzi］和扬·凡·海苏姆［Jan van Huysum］等，都创作过精美的飞虫图。这里做此对比，是因为我想从一开始就强调欧洲文艺复兴美术的几何透视法与明暗

1　某种程度上，怀特曼［Wightman］和戈尔茨坦［Goldstein］做了这种比较。戈尔茨坦的书，尽管就我的主题而言其标题具有吸引力，但过于宽泛，未能在佛罗伦萨艺术和科学的连续发展间确立任何文献可考或可经受严格检验的联系。

2　感谢韦尔斯利学院的安妮·德·克拉普［Anne de C. Clapp］为我选取这一中国花虫图画的绝佳示例。

3　而约翰·詹姆斯·奥杜邦［John James Audubon］更甚！这位著名的美国“自然主义者”首先杀死要画的鸟，然后摆放在画室里，仿佛生活在自然栖息地中那样。

4　韦利，第159页。同时参见苏利文［Sullivan］，第62页。他引用中国明代官僚吴历关于中西方绘画差异的评述：“我之画不取形似，不落窠臼……[illegible]（西画）全以阴阳向背形似窠臼上用功夫。即款识，我之题上，彼之识下。”



图1-1　绿头苍蝇版画，出自罗伯特·胡克《显微术》（伦敦，1667年），图26，第182页



图1-2　钱选，《草虫早秋图》（局部），13世纪

对照法传统，不论是否具有美学上的风格特征，已证明对于现代科学极其有用。[1]

在新近关于批评理论与方法的争论中，人们日益认为线性透视与明暗法只能理解为表达西方文明独特价值的类语言学符号体系范围内的人为符号。[2]这一最新的相对主义的激进支持者（他们现在喜欢自称为多元文化主义者）认为，文艺复兴时期上层赞助人支持线性透视，因为它维护了他们专有的政治权力。归根结底，单点透视鼓励“男性的凝视”，由是而具有窥阴癖、轻视女性、警察国家的监视以及帝国主义的“边缘化他者”的特性。

尽管西方的视觉艺术同所有其他文明的艺术形式一样具有宣扬沙文主义的倾向，我还是认为基于欧几里得立体几何原理的欧洲文艺复兴绘画体系，起初至多不过是根据欧几里得的几何学原则，试图复制人类眼睛所感知的东西，而中世纪欧洲人曾将其理解为上帝视野的同义语。[3]以透视法描绘的图画让人类看待这个世界正如创世时上帝构想它一样。

不论本意如何，这是首次出现的艺术方法，除了描绘物体本身，它还能在地图上详细地描绘出并根据比例确定边界、平面和相对距离，就如同任何一个没有先验的文化或性别歧视者从一个固定视点视觉感知的一样。[4]确实，

1 关于这一点，见弗格森［Ferguson］、霍尔（1）、罗斯-英尼斯［Rose-Inness］与塔夫特［Tufte］。

2 尤见于布赖森［Bryson］，同时参看古德曼［Goodman］；至于相反的观点，见吉普森［Gibson］（1）、皮雷纳［Pirenne］（2）、贡布里希（1）及库伯维［Kubovy］。

3 有关艺术发展的“知觉”理论，见布拉特［Blatt］/布拉特，第1—56页；亦见诺丁［Nodine］/费希尔［Fisher］，第57—215页。

4 关于这一点，为力求精确，我引用了著名视觉生理学家皮雷纳的言论（2），第15页（皮雷纳书中的斜体字）：“……以透视法描绘某处景物或系列物体的图画，并非画家眼中物体所产生的视网膜像的复制品。它更是真实物体本身的替代品，它将发散的光线送入眼睛而成，类似于从真实物体发出的光线，结果在特定眼睛看来，图画所产生的视网膜像在形状和维度上类似于真实物体在同样的眼睛里所产生的映象。”我在后面的章节中尽量不把对这一视觉现象的清晰描述与人类视觉的心理分析方面相混淆。毕竟，正如当下时新的雅克·拉康［Jacques Lacan］指出的：“几何透视只是描绘空间，而非视觉。”[illegible]讨，我避开了他称为“凝视”（与主体“观看”分开）的文化与心理分析的含义。拉康将“凝视”定义为[illegible]，其中主体[illegible]“观看自身”，[illegible]世界“[illegible]观看”[illegible]拉康，[illegible]

任何种族或信仰的男女戴眼镜者，都会意识到读报时的视光学法则与文艺复兴时期运用于绘制透视图画的法则是一致的。

请读者将自己想象成代表不同种族、语言以及政治和宗教意识的人处在同一画室的绘画课上，参与者被要求想象出一个直立的棱镜。有人可能认为这一图像是一种“文化优越”的观念，但实验心理学家已表明所有人类（即便在幼年）都会不同程度地将自然形状理解为重复的规则几何形状。想象规则三维物体的能力似乎是人类与生俱来的。[1]

6

接下来三棱镜被描述成测量各个面上的固定单位。每位小组成员被要求在脑海中旋转这一想象图使它以某一角度“被看”，其垂直边处于前方两个相对的面之间，及心之眼的中心位置，同时与双眼保持相同的距离单位。然后要向大家证明，从光学角度而言眼睛从中间视点聚焦于这个物体，会感觉到上部后退的水平边缘似乎总向下而下部的总向上，汇聚于共同的“地平线”（即每位观者实际的视平线）。我反复重申，所有人（不论他们的种族、性别和文化）先天倾向于以同样的视觉生理学方式感知现象世界，即便在个人能够以语言或图像对其合理化之前必须论证这个事实。

最后，班级成员被要求想象一束光从某个特定角度照射棱镜，这样就只有一个可见平面被照亮。与之相对的可见平面就会处在暗影中，而整个物体就会从那一面（它自身的侧面）投阴影于它所站立的平地上。

现在每位研讨班学员应当描绘一幅这一心像的比例图。[2] 假定大家还懂得纸上画出的铅笔线能够表现三维空间中实体的边缘且深色铅笔涂痕可以代表阴影，那么所有图画看起来总有几分相像（图I–3）。实际上，要是这一组人观看了从同一角度拍摄的逼真彩色照片，每位学员会自动地判断他或她本人

1　见利海伊［Leehey］、赫尔德［R. Held］（2），沃皮洛特［Vurpillot］，以及吉普森和沃克［R. Walk］对于幼儿深度知觉的出色研究，见皮克［Pick］的评述，第63—87页。

2　我多年来一直试图弄明白具有相当文字能力而不熟悉绘画技法的美国大学生，得花费多长时间掌握几何线性透视的基础知识。我发现他们听了基本的指导，然后就能够按比例以准确的透视法描绘出有门窗、家具和居住者的简单直线房间，全部在一小时内完成。

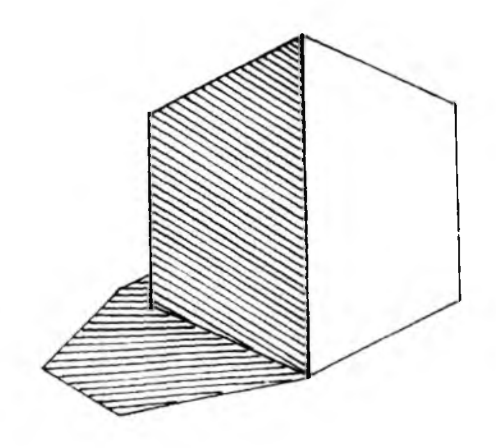


图1-3　斜视角下的等边棱柱

相应的草图“质量”。不论在这些草图中展现出怎样的手工技巧，它们根本不会显示出基于艺术家个人性别、文化背景或经济地位的明显差异。[1]

我由此得出，西方文艺复兴时期制图中感知或构想的最重要时刻，即在平面上再现固定的三维物体基本形状的那种风格的独特能力，就像是从某一固定视点聚焦时，由光线照射形成并由人造光学仪器一点一滴记录下的图像。这是世界上任何其他地方、其他文化艺术所没有取得的一项成就（除非它源于西方的风格）。

当然，你也可以要求这群人运用中国式等角（轴测）透视进行同样的试验。事实上现代工程师偏好等角投影，因为它保存了所绘物体各个面上的量度，而没有显著的汇聚所造成的变形。不过，等角比例图也是西方的创造，而非中国，经由欧几里得几何学进一步修正的线性透视发展后，更能服从科

1　论述跨文化视觉感知问题的作家中持这样的一种观点，某些非西方社会的民族看待现象世界的方式与我们不一样。哈德森深度知觉测验［Hudson Depth Perception Test］的广泛使用更加剧了这一思想，它旨在检验个人判断远近和大小的能力。它要求受测者判断以黑白轮廓线描绘的未着色透视图画，非常类似于我们熟悉的卡通风格插图。不过，一些非洲“原始人”在测试中得分低的原因，与先天缺乏感知深度的能力无关。正如玛格丽特·哈根［Margaret Hagen］所论证的，这些特别的被测者只是不了解西方的绘画传统。如果向他们出示彩色照片上的透视场景，他们将毫无困难地判断出大小远近关系，参看哈根/约翰逊［Johnson］、哈根/琼斯［Jones］。有关我们如何将纸上的黑白轮廓线理解为三维空间内物体的直线边缘（帕金斯定律［Perkins's laws］）的进一步心理学解释，见库伯维，第97—103页。

学技术的需要。[1]没有其他文化（包括传统中国文化）在未受西方影响的前提下将等角法则作为按比例绘制三维物体的手段。

人类学家也许认为，制作图画的动力源自全体部落需要施魔力于自然的奥秘。如古巴比伦人和古希腊人，沿着无定形的天体组合绘出拟人化的形状，以减轻对于繁星密布的天空的恐惧。此外，在现今世界的某些地方，巫师仍利用图绘的物神来预知并掌控未来。愿望实现后，巫师及其制造物便被当作神性对话者而受到应有的崇拜。

针对这一观点，我的回复是，文艺复兴风格的透视法可能是有史以来最灵验的巫术法宝，通过它艺术家不仅准确地描绘现在，而且同样容易地描绘并由此预示观众未来会经历的新奇事物。像原始巫师一样，透视法艺术家通过留存活着的人和真实地方的样子而使观众震惊，而且他的图像拥有比古巫师的传统护身符更大的法力。由于透视图像几何学的按比例复制，它们不仅用符号表示，而且一点一滴地重现主题，如此的忠实可靠，以至仅根据模型，便可重构逼真的三维复制品。实际上，文艺复兴时期线性透视的最初观众极为震惊，他们兴奋地称之为“奇迹”[2]。如是，西方文艺复兴美术影响了众多非西方文化，不是因为它是帝国主义强加的，而是因为它的作用比传统的再现（甚至当地所接受的魔法再现）更让人信服，更近乎自然的感知。

下面我要对“法则”[convention]、“图示”[schema] 和“象征”[signifier] 加以区分，这些术语经常被宽泛地用来定义不同年代与文化的艺术家运用线条、色彩和形状来描绘物质世界的方式。“法则”仅指自文艺复兴以来西方艺术家有意识地发明或修正绘画技法来表明几何线性透视，如演示复杂的三维机械的内部工作方式。“图示”意指有意识的而又具有文化依赖性的构架，在

1 有关中国与西方对于错觉透视法的不同态度，见马奇 [March]、威尔斯 [Wells]；关于西方工程师所用的投影几何学的发展，见费尔德豪斯 [Feldhaus]、肯普（4）、菲尔德（2）。

2 埃杰顿（2），第88—89页。

艺术家受文艺复兴透视法影响之前，用来表明空间和体量。最后，“象征”是专为某些表达而预留的，它似乎是所有人类的艺术中无意识出现的，无关乎他们的文化或历史时代，如画出斜线表示水平边缘向远处退缩，或以曲线来模拟运动或超自然的行为。实际上，当前的实验研究证实，先天性盲人居然能够分辨这些线条（由布莱叶盲文图画得出），即便他们从未见过那些符号与所描绘的事件。[1]

因为正常人通过在空间中移动，同时从多方面看见和/或触摸物体来感知第三维度，仅从单一视点观看世界或其图画的观念是人为的。[2] 换言之，系统的视觉汇聚对于所有人类的视知觉而言是天生的，而描绘这一现象的能力则不是。眼睛和手首先得接受训练。我们也许会问，为何会有人首先发明透视法，特别是在图画创作同审美愉悦（也许更是如此）一样无须求助于严格的数学法则之际？

贡布里希［E. H. Gombrich］认为，即便线性透视是人为的，整个人类的内心也有着本能冲动，创作出符合视觉真实的图画。绘画风格的演变，响应着这一本能欲望，实际上它是不断地修正个人的文化图式。根据他的观点，艺术的历史类似于科学（特别是卡尔·波普尔［Karl Popper］所阐释的科学）的历史，文艺复兴后，西方在这两方面都处于领先地位。[3] 现今，贡布里希的观点遭到多元文化论者的猛烈抨击（正如我先前提到的），他们指控到，艺术中的“现实主义”是相对的。因此，透视错觉等同于绝对的科学事实只是

10

1 尤见于多伦多大学知觉心理学家约翰·肯尼迪［John M. Kennedy］的实验结果（他宁愿使用metaphor一词而不愿用我的signifier）；见肯尼迪（1）、（2）、（3），及肯尼迪/加比亚斯［Gabias］。有趣的是，18世纪百科全书编纂者德尼·狄德罗［Denis Diderot］声称得出同样的观测结论，见拉康，第86、92页。

2 关于视觉世界的几何视图与知觉视图的差异，见吉普森（1）。库伯维（库伯维，第125页）对这一问题的归纳相当精辟：“要是在透视领域几何学扮演着与美国国会类似的角色，那么知觉便有着宪法的功能。所有被中心投影的几何学所规定的，都得受知觉的可接受性的检验。要是某条法则是违宪的，它就会遭拒，必须重新修订以与知觉保持一致。”

3 贡布里希（1）。贡布里希的观点因此一直用于理解和解释西方非写实的“现代”艺术的起源。

炮制出来的一个西方神话，这些图画由此就此用作政治权力的工具。[1]

概括地说，尽管几何透视法最终确实变成了文化偏见的编码系统，我同意布里希的观点一致，仍相信这一欧几里得几何学模型并非文化本身所固有。西方文艺复兴风格的图画，正如从视觉上来说它们由四周的反射光线一点一滴传入人的眼睛一样，仍然在复制（没有其他的艺术形式能够做到这一点）现象世界真实的表面特征。[2] 既然传统中国绘画缺乏几何比例关系，钱选便不可能运用同莱奥纳尔多·达·芬奇［Leonardo da Vinci］一样的技法表现自然界的物质结构。

尽管科学史家对于“革命”［revolution］一词是否适用于他们课题中1600年后发生的情况仍在争论中，艺术史家则一致同意“革命”一词从各种可能的意义上说都是唯一的词语，用以描绘1300年后首先发生在意大利，然后发生在西欧其他地方的绘画、雕塑和建筑领域的巨大变化。此前的中国、伊斯兰国家或是世界上任何其他地方的视觉艺术中，都没有发生这样的革命。复兴古典绘画中的明暗法，重新发现古典制图法与布景透视法中的几何线性透视，都是意大利文艺复兴艺术家的独特成就。没有哪种文明的从艺者在没有受到西方风格的影响便将这些观念运用于传统艺术。更为重要的是，这些革命性的艺术创新从它们自身的角度来讲也是科学贡献，它们对于后人在心目中设想并构造“真实”的方式产生了深刻的心理影响。

尽管如此，我有意地避免将“革命”与发生于欧洲1600年后的科学相联系。而总有一些观点认为现代科学的概念完全是西方的创造，播种于古典时代，过早地脱水保存于中世纪，唯有在文艺复兴人文主义温暖湿润的气候里得到新生。虽然文艺复兴美术确实忠实于西方传统，17世纪的欧洲科学则不

1 布赖森。

2 在视觉生理学者和知觉心理学者中，坚持文艺复兴线性透视复制了视觉范围内图像结构这一观点的有皮雷纳（1）、（2）、（3）；以及詹姆斯·吉普森（1）、（2）、（3）。重复并进一步应用吉普森的分析，见哈根（2）。

然。现代科学的兴起实际上源于东西方思想的融合，特别是在数学方面，它是自然科学的共同语言。[1] 要是没有伊斯兰国家在那一方面的慷慨贡献，我们西方人今天可能仍在用罗马数字算账。

直至18世纪，西方文明都难以宣称对牛顿的杰出发现具有独占权。恰如李约瑟常言，他对于新物理学的诸多创新不过是一种跨越国界的“海纳百川”[2]。但我们仍得问（继续李约瑟关于水的比喻）：能够吸纳不同科学之流的西方文化盆地的独特轮廓线是哪些？为何它们没有汇聚于中国或伊斯兰国家？

再没有科学史家像李约瑟本人那样为这些问题所困扰。一位热心赞美中国文化的人，他将一生的大部分时间都贡献给了编纂有关受西方影响前的传统东方科技成就的巨著。在其多卷本《中国的科学与文明》[*Science and Civilization in China*]（即《中国科学技术史》）中，他揭示了早在西方人思考这些事物之前，中国人在天文学、代数和小数数学、土木水利工程、化学、康复医学以及许多其他科学技术方面取得了重大进步（请弗朗西斯·培根[Francis Bacon]原谅，包括火药、印刷术和指南针的发明）。[3] 但他最后仍得承认，中国不具有16世纪欧洲（科学技术发展突飞猛进）的三项重要条件：一为政治的，一为宗教的，一为数学的，他认为这些特别有助于现代科学的产生。[4]

李约瑟分析欧洲历史能有如此真知灼见的原因是，有别于绝大多数试图解释西方科学兴起的专家，他能够将有别于其他文化传统因而在某些方面独

1 李约瑟（3），第108—114页；博赫纳[Bochner]，第114页。有关中世纪期间伊斯兰和西方基督教数学在理论和实践方面的显著相似处，见海伊卢普（1）。不过，海伊卢普并未解决这一问题，即为何在西方这一发展导向了现代科学，而在伊斯兰世界则仍保持着传统上的保守性。遗憾的是，有关李约瑟研究眼界的伊斯兰科学兴衰研究的英文著作至今尚未得见。哈山[Hassan]和希尔[Hill]（1）精良的单卷本著作确实提供了类似李约瑟的简要观点，但这些作者也根本没有提及伊斯兰艺术与科学的关系，只是将伊斯兰科学的衰落归因于思想上日益增强的宗教控制。

2 李约瑟（6），第16、51、191页；（12），第9页。李约瑟列举了伽利略之前，区分“现代”科学与世界上不同文化区域科学的五条基本原则：（1）数学假设应用于自然；（2）充分理解实验方法；（3）第一性质[primary quality]与第二性质[secondary quality]的区分；（4）空间的几何化；（5）接受现实世界的力学模式。

3 李约瑟（1）、（2）、（3）、（4）、（5）、（8）、（9）、（10）、（11）、（13）、（14）、（15）。

4 李约瑟（3），第168页。关于这一复杂论点的最新论述，见即将出版的卷七，章节48—49。同时参看布罗代尔[Braudel]的类似论述，第244—329页。

[illegible]的那些西方文化传统分离出来。不过，我需要指出，他绝少论及有关中国与欧洲艺术间的明显差异。他也没有论及各文明的视觉艺术影响科学的可能性。[1] 我在下面列出了他的三项条件，并附上我本人的评论，尤其是关于第三项的：

1. 基于资产阶级商业资本主义经济的竞争城邦的政体。

2. “自然法则”的伦理观念，根据它，自然模式是先验的、固定的蓝图。

3. 自然秩序的哲学图景是有限的、机械论的，且易受演绎的欧几里得几何学论证的影响。[2]

关于第一项，李约瑟论证到（在马克思辩证法范围内），文艺复兴时期欧洲新兴的商业巨头比同时期的中国明代相应人物更能培养工匠的量化技术。在那里，本地的商业阶层通常为占统治地位的官僚机构所鄙视，匠人处在社会底层，文人士大夫从未想过在艺术实践中检验其哲学理论。另一方面，当时世界上没有任何地方像在西方那样，创造精神和匠人的实践知识得到激发与奖赏。李约瑟感叹到，唯有在动荡不安的文艺复兴时期欧洲，理论［*theoria*］与实践［*praxis*］才能适当地结合在一起，引发从达·芬奇技术到伽利略科学之质变。[3] 顺便说一句，已被充分研究的莱奥纳尔多·达·芬奇遗产在此不必赘述。我们将看到，莱奥纳尔多本人的科学素描技法，其他西方艺术家独自运用同样的线性透视技巧也会达到。诚然，即便没有莱奥纳尔多·达·芬奇，15世纪至17世纪与艺术相关的科学史也照样会发展。

1　见李约瑟（3），第592—598页，简要分析了传统中国艺术如何记录下某些地质风景特征的本质。他同时也简要论及西方艺术中的透视问题（9），见第111—119页。遗憾的是，在给出中国建筑图与一些过时的知觉心理学观念之关系的一些评论后，他得出了在我看来相当不成熟的结论：“因此，在机械发明的前科技阶段的任何时期，（中国艺术）中焦点透视法的缺乏都不太可能是一个限制因素。”（第114页）

2　李约瑟（3），第150—168页；（6），第176—211、第300—330页。应当指出，欧洲1600年前后这三项条件共存及其对当时科学兴起的积极影响无疑是一个孤证。它不是一个可重复的定则，绝不会有人说它与在现代日本或现今所谓第三世界的发展中社会相应的科学兴起有关。并且，也不能说由于缺乏这三项条件，在中世纪伊斯兰世界或印度，现代科学的兴起必定缓慢，就像在中国那样。伊斯兰世界和印度都掌握了希腊几何学，都崇拜视为神圣立法者的神灵，且竞争的政权之间都经历了长期的内部斗争。针对李约瑟这方面论点的有趣批评，参见格雷厄姆［Graham］。

3　李约瑟（6），第211页。

不论如何，西方商业资本主义混乱无章的竞争环境，比起封建中国相对稳定但缺乏冒险精神的情形来说更富营养。[1] “欧洲的五十年要胜过中国的一个朝代”，丁尼生［Tennyson］（在《洛克斯利大厅》［*Locksley Hall*］中）带有沙文主义（但也有几分真实）地宣称。

关于第二项差异，李约瑟指出中国人从未感到有道德上的压力去遵守任何天赐神授的“自然法则”。尽管充分意识到自然永不停息的规律性，也总是观察到它的变化节奏，中国人不相信自然是受“支配”的，不像西方基督教徒那样确信世间一切都依照创世那一刻上帝制定的基本法则而存在。中国人没有像16世纪广为流传的纪尧姆·沙吕斯特·迪巴尔塔斯［Guillaume Salluste Du Bartas］史诗《神圣的周日与工作》［*Divine Weeks and Works*］中辞藻华丽的诗句所表达的概念：

> 海洋、陆地或空气中没有什么珍稀，
> 天空上都有相似之物，
> 甚至我们的王冠、飞镖、长矛，
> 都是在模仿天空的基本法则，
> 那些万古不朽的神圣图案，
> 万能之主印在天空的广阔舞台上。[2]

---

1 格雷厄姆在对李约瑟的批评中提出，在伽利略出生前30年，佛罗伦萨政府显然已废弃了共和的资本主义，恢复了贵族的专制统治（第55页）。不过，我要为李约瑟做一辩护，16世纪末与17世纪初的托斯卡纳大公们的统治根本不是这样一种逆转。这些君主，同巴洛克时代欧洲的所有统治者一样，也许方式上显示出封建主义，但实质上（甚至他们对伽利略的赞助）更多的是受到商业资本主义主要因素的强烈刺激；见弗里德里希［Friedrich］，第1—38页。他们的基本政策仍如共和时代，即确保佛罗伦萨作为伟大的商业中心的地位。大公们作为现代科学支持者的公众立场只是促进这个目标的一种政治行为。

2 1605年由约书亚·西尔威斯特［Joshua Sylvester］译成英文；见迪巴尔塔斯，第483—484页。有趣的是，这部著作的复制本由耶稣会士于17世纪带往他们在中国北京的教会图书馆，见费尔哈伦［Verhaeren］，条目61（见后文第八章）。与此同时，约翰尼斯·开普勒［Johannes Kepler］在描述他所发现的椭圆形行星轨道时，也做了类似的比拟，见霍尔顿，第80—87页。18世纪的人们甚至仍在广泛地表达出这种感受，如科林·麦克劳林［Colin Maclaurin］在他的《关于艾萨克·牛顿爵士的哲学发现说明》［*Account of Sir Isaac Newton's Philosophical Discoveries*］（伦敦，1748年）中那样，见詹姆［Jammer］（1），第26页的引文：“但自然哲学服务于更高种类的目的，其作用主要在为自然宗教和道德哲学奠定坚实的基础；以满意的方式将我们导向对于宇宙的创造者和统治者的了解。研究自然即是研究其制成品：每项新发现都向我们展示其旨意的一个新部分。”

[There's nothing precious in Sea, Earth, or Aire,

But hath in Heav'n some like resemblance faire.

Yea, even our Crownes, Darts, Launces, Skeyns, and Skales

Are all but Copies of Heav'ns Principalls;

And sacred patternes, which to serve all Ages,

Th'Almighty printed on Heav'ns ample stages.]

在文艺复兴时期，人们日益认为发现这些"图案"是基督徒的责任。并且，基督教理论家在某物被看作大自然的恶作剧［*lusus naturae*］，即造化弄人之时，像女巫、同性恋以及双头山羊之类，他们觉得受到神的召唤要予以纠正。如在1474年，巴塞尔城一位虔诚的市民公开地在火刑柱上烧死一只公鸡，因为它犯了下蛋这一"不可饶恕而又违背自然的罪行"[1]。

这样的思想如何能产生现代科学？我们在此似乎遇到了马克斯·韦伯［Max Weber］所谓"意外结果的悖论"[2]。比如说，伽利略可能因为异端思想受审判指控，但该体系同时也允许他声称，他是在遵循神的指令。[3]那些坚信上帝知道他们正确的圣人，不是经常公然反抗世俗的领导吗？他们当时没有得到人间的不朽荣耀与尘世的最终赦免吗？

中国科学家没有这种传教士式的痴迷。一旦灵感来临，不论他们多么希望揭示真理和有益于人性，他们从不会像他们的西方同人那样，深受神秘的、心理的驱动，去探索"自然法则"[4]的本质。

在他关于第三项的论辩文字中，李约瑟勉强地承认传统中国的科学，尽管有着非凡的技艺，却缺乏演绎几何学的关键学科。古希腊人发明（并且幸

1 李约瑟（2），第574—576页。

2 见韦伯书中精彩章节《结论：儒教与清教》，第226—249页。

3 见伽利略致公爵夫人克里斯蒂娜［Christina］的信函以及他本人的著作《试金者》［*The Assayer*］，译文出自德雷克［Drake］（1），第173—281页。

4 关于"自然法则"，见李约瑟（6），第299—332页；赫宁格［Heninger］（1），第256—287页。

运地与巴比伦算术学相结合）的这一数学分科，研究（代数所不涉及的）严格的二维或三维物体投射并定位于无限的、同向性的、同质空间的视觉形式。它实际上论及心目中想象的图像或在眼前的纸上绘画。尽管古代中国的墨家信徒确实记录下几何学的一些普遍概念，他们从未将这些概念发展成严格的量化体系。东方从未自主地产生过与欧几里得的《几何原本》[*Elements*]和《光学》[*Optics*]、佩尔格的阿波罗尼奥斯［ Apollonius of Perga ］的《圆锥曲线》[*Conics* ］或者阿基米德［ Archimedes ］力学相当的公理和论证。伟大的中国文化盆地得等到1607年，现代科学的主流才由耶稣会传教士利玛窦［ Matteo Ricci ］传入（第八章将论及）。

为何欧几里得几何学对于现代科学的兴起如此重要？为何阿尔伯特·爱因斯坦［ Albert Einstein ］（非欧相对论的佼佼者）称欧几里得几何学为有史以来两个最伟大的科学成就之一？[2] 而科学史家迈克尔·马奥尼［ Michael Mahoney ］则认为代数更为重要，至少对于力学基础科学而言是如此。他指出，虽然几何学能够创作固定机械的完美图画，但唯有代数公式能够解释它怎样运行。[3]

就17世纪将代数运用于几何学是“在精密科学的发展进程中最伟大的一步”（正如李约瑟在捍卫中国数学时急于强调的）而言，马奥尼无疑是正确的。[4] 事实仍然是，要是在他们的心目中没有一个依据欧几里得原理一致服从几何化的共同空间概念，哥白尼、开普勒、伽利略、牛顿和爱因斯坦就不可能发现有关的天体力学。尽管爱因斯坦后来是在受空间弯曲影响的特定条件下来界定欧几里得几何学的效用的，现代科学家仍然认为它准确地描绘了他们进行实验、检验各种假定的当下世界。

在中世纪，要是哲学家思考过空间的话，他们通常也是将其理解为特殊

---

1 关于巴比伦数学对希腊几何学的影响，尤其二者均应用于托勒密的宇宙天体学，见诺伊格鲍尔（1），第145—190页；（2），第157—165页；普莱斯，第1—23页。

2 另一为真正的实验方法；见爱因斯坦1953年4月23日致斯威策［ J. E. Switzer ］的信函，复制于普莱斯著作中，第1—23页。

3 马奥尼。

4 李约瑟（3），第156页。

区域内有限的、按等级分割的事物，每个区域都对自身所包含的实体产生影响。实际上，各中世纪社会都有带着它们自身文化局限性的空间概念。要是中国的道教徒之间不曾谈及这个主题，他们就不会明白欧洲亚里士多德学派信徒讨论的内容。而迄至14世纪，传统西方观念根据源于柏拉图哲学以及更为重要的欧几里得几何学的思想而得到重新思考。空间开始被看作各个方向上（同向性）的连续统一体。最后，在17世纪末，艾萨克·牛顿爵士阐明了绝对空间的概念，它独立于所有时间、物质和运动之外而又一致遵循相同的数学法则。没有统一的空间观念（尽管有爱因斯坦的修正），现代科学家就不能相互交流。[1]

尽管科学史家长期考察了空间概念不断演变的文字记录，却少有人注意到西方艺术家之间发生着同样的争论。它始于13世纪末阿西西城［Assisi］方济各会教堂的画家们，在16世纪莱奥纳尔多、拉斐尔、米开朗琪罗和提香等人的成就上达到顶峰。事实上，正是在第谷·布拉赫［Tycho Brahe］、开普勒和伽利略开始挑战有关天体空间的传统智慧之前，文艺复兴画家已经（即便是无意中地）否定了过去的观念。艺术家为使超自然主题具有实体感因而在经验上可信而发明的线性透视原理，要求所有空间（不论天体的，还是地球上的）都被看作具有同样的物理属性，遵循着相同的几何法则。在15世纪期间及其后，西方艺术家开始越来越多地使其观众面对传统世界观的种种反常，因而有助于瓦解中世纪体系，减少科学变革的阻力。（我们将在第六章《天国空间的几何化：拉斐尔的〈圣典辩论〉》中见到这一发展的有力证据。）

我们还可以思考一下文艺复兴时期透视法革命另一相关事实的含意。出生于16世纪末的现代科学奠基者如威廉·吉尔伯特［William Gilbert］、第谷·布拉赫、弗朗西斯·培根、约翰尼斯·开普勒、伽利略和威廉·哈维［William Harvey］等，同时也是第一批接触插图本科学教科书的欧洲人。尽管有关印刷术本身作为西欧变革代理人的重要性的论述甚众（撇开中国人自9世纪起就已

1　关于科学上空间观念的历史，见詹姆（1）；柯瓦雷［Koyré］（1）；科恩［Cohen］（3），第180—184页；以及图纳［Tuan］（1）和（2）从中国角度进行的哲学分析。

掌握印刷术的事实，我们根本没有证据说明它带来了什么变化），很少有学者注意到印刷技术在西方的传播与几何透视法主导绘画几乎是同时发生的。[1]

确实，迄至1520年，西方的版画制作工艺技术如此先进，即使贵重油画错觉手法的极尽精微之处，也可以廉价地反复印于纸面上。[2] 到新世纪的第二个二十五年里，德国、意大利和法国的出版商大量印刷我们今天称作“咖啡桌图书”的出版物，内容涉及各种题材，只要可以售出就都不受限。科学和技术文本（我们在第五章将要考察这些）属于最受欢迎之列。

随着印刷图画的传播，它们表现的思想也在传播。明暗法和线性透视的几何原理到16世纪末得到广泛的传播，几乎所有西欧人都受到这一观念的影响，即所有空间都是同向性的、三维的与同质的，因此服从于欧几里得几何学证明。甚至可以认为，克里斯托弗·哥伦布［Christopher Columbus］（绝非巧合，也是意大利人）同样地受到影响。毕竟，他深受首次印刷的托勒密世界地图的触动——该地图同文艺复兴时期其他绘画一样，标明了陆地和海洋、未知领域［*terra incognita*］与已知领域［*terra cognita*］，并在相同数学比例的空间中连为一体。[3]

对于现代科学发端同样重要的是，相信宇宙及其中万物机械地运行，正如完全自动运行的著名笛卡尔钟（只需上帝偶尔为它上紧发条）。早至13世纪（见后文第二章），意大利中部阿西西城的欧洲艺术家所描绘的圣迹，似乎同样地可以从物理的、机械的方面加以解释。

15世纪末理性主义倾向最显著的事例是阿尔布雷希特·丢勒［Albrecht Dürer］广泛流传的木刻版画《圣约翰吞书》［*St. John Devouring the Book*］（图I–4），它源自1498年出版的《启示录》［*Apocalypse*］系列。关于约翰幻象的奇怪主题，见于《启示录》10:1，10:2，10:10。先知以这些非理性、隐喻性语

1　爱因斯坦；萨顿；艾文斯［Ivins］。

2　见艾文斯。

3　图解见于托勒密的《地理学》［*Cosmographia*］，由贾科莫·丹杰诺·达·斯卡尔佩里亚［Giacomo d'Angelo da Scarperia］译成拉丁文（维琴察：赫尔曼·列支登士敦［Vicenza: Hermann Liechtenstein］，1475年）（见图5–1）。同时参见史迪威［Stillwell］，第63—64页；埃杰顿（1）。



图1-4　阿尔布雷希特·丢勒，《圣约翰吞书》，《启示录》系列中的木刻版画，1498年

句描绘了上帝使者的外貌：

> 我又看见另有一位大力的天使从天而降，披着云彩，头上有虹，脸面像日头，两脚像火柱：
>
> 他手里拿着小书卷，是展开的。他右脚踏海，左脚踏地……
>
> 我从天使手中把小书卷接过来，吃尽了……

中世纪期间，这一最为超自然的圣经幻象会以二维的形状和色彩来描绘，富于印象派色彩和装饰性，但未必会详细解释圣经原文。[1] 丢勒的艺术处理打动我们的，是他坚持精确地阐释那些文字，似乎神秘主义圣人不是通过深奥玄妙的象征物说话，而是客观地描绘带有机械活动部件的三维器官。

为何西方艺术家，如丢勒，受到激励将传统的当然也更具有审美愉悦的中世纪风格转化为这一几何学的、机械论的精确形象？这个问题将在另一部著作中予以回答。我在此仅需分析曾经迫切的意愿已变得无法满足他们的这一过程就足够了。[2] 要记住这一欧洲人特有的习性只是在所谓的12世纪文艺复兴（第二、三和四章将详细论述）期间，欧几里得的《几何原本》和《光学》从摩尔人那里重新获得并被译成拉丁文后才开始显现出来。[3]

到15世纪中叶，文艺复兴艺术家认为掌握欧几里得及其相关的光学论著对于他们的训练是绝对必要的。[4] 李约瑟感叹中国人的有机世界观确实早就预示了爱因斯坦的相对论，只是一开始他们没有受到欧几里得几何学的训练。他可能认为中国的绘画亦是如此。同中国的科学家一样，最伟大的画家觉得没有必要探索自然中隐含的几何学。他们所强调的是气韵，自然的瞬间韵律。

1 参见10世纪西班牙语《启示录》[*Beatus*] 手稿，MS. 644，现藏于纽约摩根图书馆；罗布 [Robb] 著作中的描述，第159页。丢勒《启示录》系列木刻版画的分析见于潘诺夫斯基（3），1: 51—59。

2 贡布里希（1）;（2），第1—12页。

3 哈斯金斯 [Haskins]（2）；克龙比（3）。

4 见阿尔贝蒂 [Alberti]（1）。

对于他们而言，生动的笔触比起固定的形状更能表示"现实"的本质。[1]

就事实而言，显微镜和望远镜，文艺复兴时期技术遗留给现代科学的两件最重要的工具，都是根据与支撑文艺复兴透视绘画相同的光学原理发明的。中国没有同样地发明这些器械的原因，在18世纪清代高官丰绅殷德的一首抒情诗中得到进一步证明，他描述了初见西方显微镜后的感受：

以镜视皮相，

巍然恐未真。

借光偶高阔，

莫认自家身。[2]

西方艺术家/科学家的愿望刚好相反。恰如伽利略的热心支持者约翰尼斯·开普勒的精辟论述："……造物主，几何学真正第一动因……如柏拉图所言，总是依据几何原理而作……［他的］法则在于了解人类心灵的能力；上帝希望我们认识到，他在以自己的形象创造众生之际，是为了我们可以加入他的思想。"[3]

我们在第七章将会看到，所有早期现代科学家中最伟大者伽利略，能够通过他本人原始的望远镜做出重大的发现，正是因为他也了解一些文艺复兴时期几何化的美术。换句话说，到17世纪头十年，人们不仅日益意识到几何法则遍及整个宇宙，且正如开普勒所相信的，迄今为止世俗的人类精神现在（已受到文艺复兴美术的充分启迪）甚至具有了量化上帝思想的能力。[4]

1 见吉田［M. Yosida］，《中国人的自然观》［"The Chinese Concept of Nature"］，收于中山［Nakayama］/席文［Sivin］所编文集，第71—89页。

2 写于1770年前后；为伯纳德［Bernard］所译并讨论过（1），第241页。有趣的是，北京的耶稣会教堂图书馆记录有胡克《显微术》抄本，见费尔哈伦所编北堂图书馆目录，条目4080，以及后文第八章。关于显微镜的发明与西方"机械论学说"之间关系的更多历史背景，见克龙比（2）。

3 引文见霍尔顿［Holton］，第84—85页。同时参见菲尔德（3）。

4 有关文艺复兴美术（特别是阿尔布雷希特·丢勒的作品）对开普勒科学的影响，见斯特雷克。

最后，我的研究与文艺复兴美术形式的、美学的方面尤其关联。我在此所述的几乎全是（有些贬义地）称作“照相写实主义”的风格特征。事实是所有人，不论多么没有艺术天赋，也不论何种文化背景，都能够快速学会“阅读”线性透视、光影表现和正射投影（或者19世纪教育者所称的“机械制图”）这些新发明的技法。[1] 到18世纪的西欧，了解这些技法已被视为当然之事，资产阶级企业家可以信赖每位普通劳动者都能理解比例图表。仅此一长而没有其他技能的工人可通过快速训练，来掌握这些新的工业技术。而在当时的中国和伊斯兰国家，情况则不是这般，那里即便最有文化的官僚或毛拉也不能够完成欧洲冲压裁剪或车工这种最简单的工作。（我们在第八章将见到这方面无能的证据。）

同时还应指出，文艺复兴风格的线性透视有助于西欧工业革命前夕的商业民主化。所有能够看懂指南手册（在18世纪前大量发行）中比例图的人，都能够获知以前等级森严的、排他的手工艺“秘诀”。

出于这些原因，正如浏览插图版现代科学或技术文本（不论何种语言）所显示的，西方文艺复兴风格美术仍在为现代科学的教学提供标准的绘画技法。这些技法最初的发展与扩散方式，正是本书的主题。

1 对于透视图画的跨文化认知最新也最少偏见的调查研究，见哈根/琼斯；尤其是哈根的论文《论跨文化的图画认知》[“A Perspective on Cross-Cultural Picture Perception”]，（1），卷2。

第一章

如图所示：中世纪初期制图中第三维的概念化

看缪斯女神那荣耀的巨大身影，

在历史与家族中享有不朽的名声：

来自她的天地里精巧的艺术家，

不论大地还是天空，都以优美的比例织成：

注目伟大的欧几里得。不，全心地注目他！

因为在他身上，神性栖息在那儿。

——沃顿［G. Wharton］，《欧几里得的几何原本》［*Euclid's Elements of Geometry*］（1661）

没有历史学家，不论波普尔的唯实论者、库恩［Kuhn］的相对论者，还是费耶阿本德［Feyerabend］的无政府主义者，会否认统一空间的几何化是现代科学兴起的基本概念条件。[1] 所有后来的科学家和科学哲学家，即便他们不能够艺术地表达他们之"所见"，仍能够在"心目"中绘出与等向性轴相关

[1] 关于空间几何化是科学的必要前提，见李约瑟（6），第16、51、191页；（12），第9页。有关科学"进步"的截然不同的观点，见波普尔、费耶阿本德、库恩（1）。

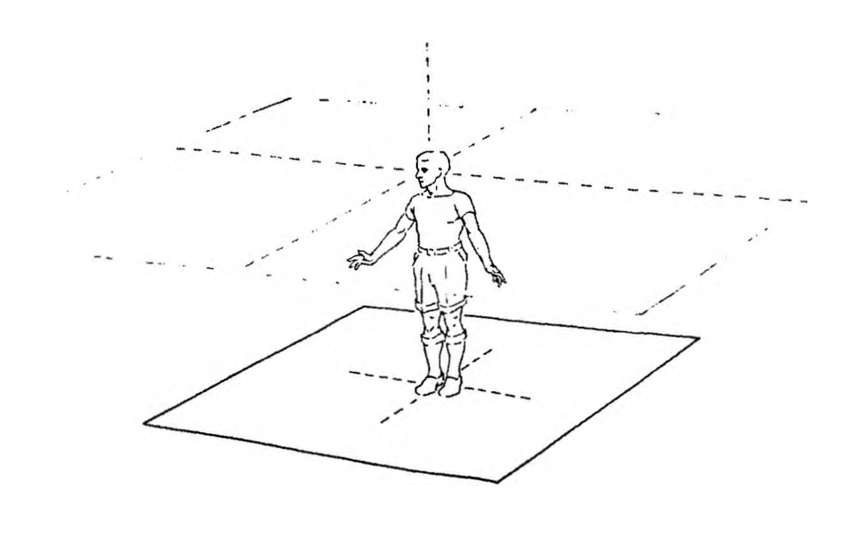


图1-1　几何化空间中的人

的统一空间内的一组几何形状（图1-1）。当然，现今每位有文化的人都会将这种心智能力视为当然。简·皮亚杰［Jean Piaget］就认定，既然人类都意识到自己的身体处于空间中，这种能力便是天生的。他将其发生视为所有成长期儿童的“逻辑－数学”阶段。[1]

另一方面，撇开皮亚杰的精确实验不谈，历史记载似乎表明，这种推理能力同时归功于文化教育与遗传性能。就空间几何的视觉化而言，正如李约瑟本人所承认的，相比西欧人，传统中国人缺乏“逻辑－数学”能力；即直到17世纪他们才开始认识欧几里得几何学。另一方面，12世纪的西方人，特别是再次了解古希腊几何原理之后，日益为他们与当时中国及其他民族所共有的主观的、难以量化的世界观感到不解。

17世纪以来的现代科学家谈到“笛卡儿空间”时，便意味着能够在心目中和图像投影（普遍意义上的制图法）上将其想象成在三维空间中无限延伸的样子。真正首次系统地解决这个问题的古希腊人，在他们的文明并入罗马

1　金斯伯格［Ginsberg］/霍珀［Hopper］。

时，且有确立适当的图形体系。不幸的是，新的征服者更关注技艺［*ars*］而非科学［*scientia*］，他们对古希腊几何学的重视，只发生在发现它可用于军事工程和建筑技术之际。且随着罗马统治本身在西欧的衰亡，理论几何学几乎不复存在。

因此，到中世纪初期，人们在心目中与图画上绘制三维形式的能力似乎显著衰退了，正如我们在图1–2中所见，这是8世纪《林迪斯法恩福音书》［*Lindisfarne Gospels*］中的一页插图。[1] 更准确地说，当时不再存有共同的绘画语言，让人们可以根据它来表现空间中三维物体的准确形状和相对位置。



图1–2 《圣马太》，出自《林迪斯法恩福音书》，8世纪，Harley MS. 2686，fol. 36

1 关于《林迪斯法恩福音书》，见罗布，第88—91页。

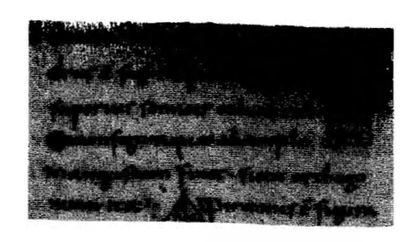


图1-3 塞维利亚的伊西多尔对圆柱体的描述，约600年

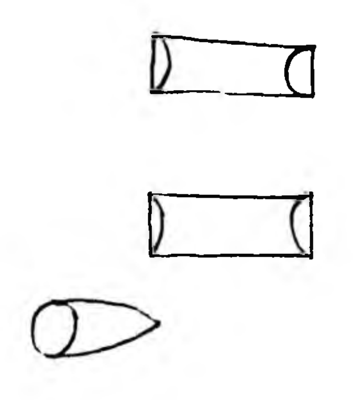


图1-4 中世纪初期的圆柱体图解

这种能力的缺乏尤见于中世纪初的科学插图上。如塞维利亚的圣伊西多尔［St. Isidore of Seville］（约560—636）试图以文字来表现欧几里得的图像。[1] 伊西多尔在《词源学》［*Etymologiae*］中为古代术语的标准含义编目，力图以一个范例来解释圆柱体，他不恰当地认定它是"方形上加一半圆形"［*cylindrus est figura quadrata, habens superius semicirculum*］。正如约翰·默多克所表明的，他的误解可能源于某个残存的图解，如图1-3中9世纪的插图所示。[2] 由于表现深度错觉空间的古典图式已被遗忘，描绘这些粗略图形的人需要补充相应的文字加以修正，提示观看者将图画中的二维线条想象成立体的、在圆柱体这一事例中有着一定角度的圆形顶点。

中世纪抄写员一直为不能描绘三维体积而沮丧。一位作家竟以"附图的手稿页只是用来表示背面"来解释自己的粗略图。他补充说到，必须将物体的前部想象成"芦苇秆"插入扁平"蜡块"边缘的样子。[3] 而在大多数情况下，早期几何学者模仿一部中世纪初欧几里得《几何原本》12书的希腊抄本，只是通过描绘它们受"挤压"的状况（如图1-4中的"圆柱体"）来表现三维形式。要求读者（不是我们现代意义上的"观看者"）凭理智而不是凭经验来想象圆柱体。注释者常补充到，"如图所示"［*Sicut heac figura docet*］，圆柱

1 塞维利亚的伊西多尔，卷1，3，21。

2 默多克，第126页。

3 默多克，第114页。

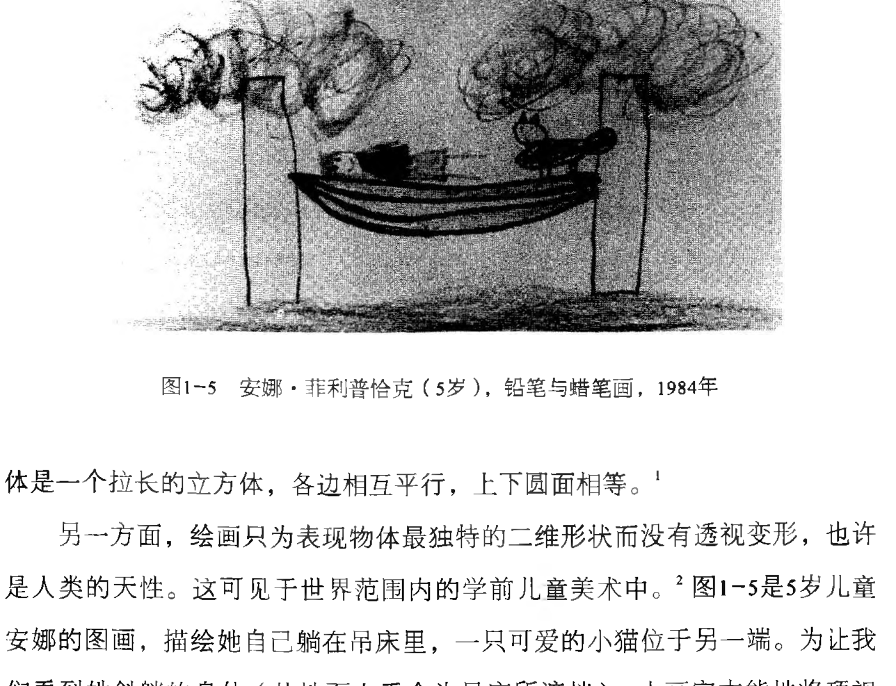


图1–5　安娜·菲利普恰克（5岁），铅笔与蜡笔画，1984年

体是一个拉长的立方体，各边相互平行，上下圆面相等。[1]

另一方面，绘画只为表现物体最独特的二维形状而没有透视变形，也许是人类的天性。这可见于世界范围内的学前儿童美术中。[2] 图1–5是5岁儿童安娜的图画，描绘她自己躺在吊床里，一只可爱的小猫位于另一端。为让我们看到她斜躺的身体（从地面上看会为吊床所遮挡），小画家本能地将顶视图与侧视图结合在一起。这一反常的视角结合，对于5岁的孩童极有意义，尽管等她长大以后，也许会对曾经画过如此"不切实际的"图画而觉得好笑。　27

知觉心理学家将这类图画再现视为"幼稚"，以与文艺复兴风格的透视图相区分。不过，这个词语不应当理解为"缺乏才智"，因为在许多文明高度发展的非西方文化中，没有透视法"校正"的"幼稚"方法演变成非常复　28

1　默多克，第128页。而在有些情况下，中世纪抄写员也会将圆柱体顶部和底部表示为锥形椭圆（由对称的弧线构成）。这种幼稚"分离的"圆柱体图式一直存在于数学教科书中，直至现代。此外，在无数颇不协调的事例中（正是在文艺复兴后），制图者会加入明暗处理法，使得这些圆柱体形状看起来像两端斜切的香肠！参见达维德·雷瓦尔蒂［Davide Revaltus］，《阿基米德著作集》［*Archimedes opera...*］（巴黎，1615年），第28页。

2　见凯洛格［Kellogg］（1）和（2）关于儿童艺术在这一方面如何发展的精辟论述。

尔并具有审美愉悦的绘画风格，宋代中国和16世纪波斯便是如此（图1–6）。



图1–6 尼札米五部诗中的一页，波斯，赫拉特，约1491年，约翰·戈莱特捐赠

此外，正如布鲁斯·伊斯特伍德［Bruce Eastwood］所论证的，在前文艺复兴的中世纪西方，以二维几何图式来说明自然形式的习惯，成为一种有意识的手法，它不是被动地反映而是主动确定的科学态度。[1] 塞维利亚的圣伊西多尔的伟大设想，以二维转轮［*rotae*］将世界的概念纳入其中，特别有助于人们理解上帝创造的一切源于圆形的原形式［Urform］。图1–7是伊西多尔最常见的转轮。位于中心的是世界、年份和人［*mundus, annus, homo*］三样一组，它们周围的轮辐状物代表着分成四部分的元素、品质、体液和季节等概念。值得注意的是，类似的代表物质和超自然现象的二维图式体系完全独立地发展于当时所有文明社会的传统艺术中，如中国、伊斯兰国家、印度与哥伦布发

1 伊斯特伍德，第202页。同时参看埃文斯［Evans］关于中世纪科学插图图式不同类型的出色研究。甚至于有一种有趣的观点，认为这套古代体系是一贯理性的（确实，为直至莱昂·巴蒂斯塔·阿尔贝蒂时代的数学家所通晓），见艾肯［Aiken］。

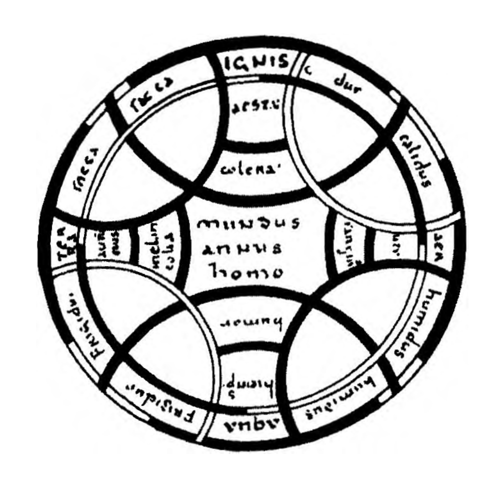


图1-7　塞维利亚的伊西多尔的转轮，约600年

现美洲大陆前的中美洲等。[1]

对于中世纪人而言，系统地表现三维图形难度最大的便是球体。即便是善言的罗杰·培根［Roger Bacon］（约1200—1292），在超前地努力让基督徒熟悉大地［Mother Earth］几何学时，手边也没有现成的图式。他那位倒霉的插图画家仅画出了两个圆形平面来代表两个半球，由一不相称的长条连接，上面标着“起点印度和终点西班牙”（图1-8）。[2]

尽管这种有限的成像实际上可能阻碍了当时的科学研究，但在中世纪确实幸存着一种独特的描绘球体的方法，它与透视错觉手法无关。这类图解可见于欧几里得、托勒密、阿波罗尼奥斯和阿基米德的著作的最初版本中，它们在阿拉伯人从西班牙和西西里撤退后被重新发现，并在所谓的12世纪文艺复兴期间由原本的希腊文（或相关的阿拉伯文版本）译成拉丁文。[3]

1　如在哥伦布发现美洲大陆前的玛雅中美洲，艺术家通常在灰泥浮雕上画出人物的背部与前部的轮廓并敷色，即便前者的细节部分隐于人类的视野之外；见罗伯逊［Robertson］，第11页。

2　培根（4），1:315，注11。培根在试图描述眼睛不同部分的球状时再次承认这一难题（同上，2:441）：“因此，我将画出一幅图像，并尽可能地在这个平面上解释清楚所有这些问题，但充分的论证需要一个具有上述所有特征的眼睛样子的物体。要是有人想试验的话，牛、猪与其他动物的眼睛皆可作图示。”

3　哈斯金斯（1）。

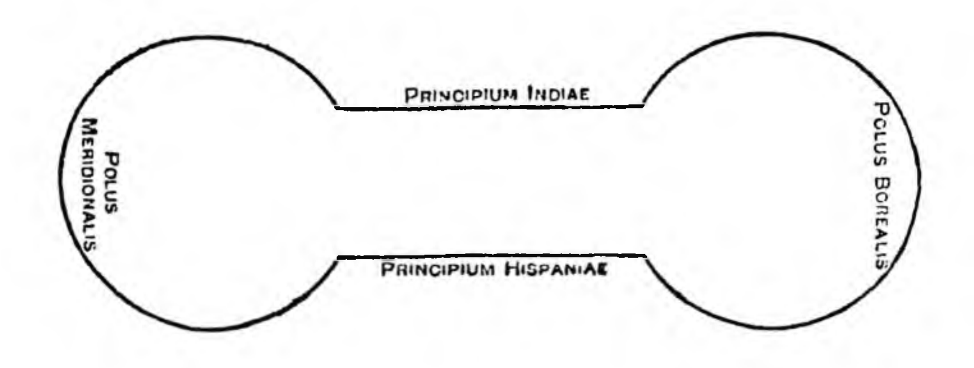


图1-8　罗杰·培根的东西半球草图，13世纪

这些图像可追溯至亚历山大里亚的博物馆［museion］，如果不是更早的话。而图1-9所示正是这类图表，此后大量出现于中世纪后期的几何学和宇宙学文本中。它源自欧几里得的名著《观测天文学》［*Phaenomena*］，它为天文学家讲述天体几何学，说明在处于赤道上下某点的观测者眼中，星体是如何围绕极轴旋转的。[1] 今天，我们想当然地以为这样的概念，尤其是涉及“运动部分”，只有像图1-10那样以透视手法解释同一现象的现代示意图才能被清楚地理解。[2]

我们越是意识到自中世纪以来我们依赖错觉图形的程度，就越是对以往那些优秀学者的才智充满敬畏之情，他们明显能够在无须可视化的情况下就懂得复杂三维形式的严格证明。在杰出古数学专家的帮助下（大大地抑制住了我本人使用后文艺复兴时期的成像习性），我能够对图1-9做出如下解释。

下方的大圆代表地平线，上方与之交叠的圆表示穿越这条地平线的天赤

1　附有这一图形的错觉透视图的《观测天文学》初版于1519年的罗马，作为费代里科·科曼蒂诺［Federico Commandino］的《欧几里得几何原本》的补充。后文第五章将进一步讨论这一有趣的知觉变化。

2　见哈利［Harley］/伍德沃德，第146页。值得注意的是，这一图形在某些方面同伊西多尔的转轮一样不准确。如在正确的球体线性透视投影中，圆周上是不能同时看见两极的。

道上运行的星体轨道，Θ星体在Γ处升起，在K处落下。这样，地平线范围内（上部分）星体的轨道（与这个圆交叠的弧面）是可见的，而星体在范围外的连续轨道（即在地平线下方）则不可见。与地平线相切的两个小圆表示最大可能的星体轨道，分别为总是可见的部分与总是不可见的部分。欧几里得再次表明，在实际情形中，位于地平线圆环内的星体理论上是可见的，而在其外则仍然不可见。[1]

不论这一图表在现代人看来多么抽象，它确实表明了这些圆环所示（理论上）的所有轨道，有些是图1-10难以做到的。一旦理解了这些图式，相关文本材料的读者实际上就可以获得现代透视图中难以获得的信息。[2]

还得补充一点，自公元2世纪托勒密时代起，古希腊人确实掌握了制作精确的几何透视图的方法。人类所发明的用途最广的天文仪器之一——星盘，便是运用非错觉立体投影的有力例证。[3] 现存的某些文献资料也表明，在埃斯库罗斯［Aeschylus］时代以及奥古斯丁时代的古罗马，中心点或焦点透视为

1　诺伊格鲍尔也讨论过这一图形（3）图版2，第751—755页，包括14世纪希腊手稿中的一幅插图（图版8），Vat. gr. 204，fol. 62r。由衷地感谢诺伊格鲍尔教授在向我解释这一非视觉图表时所费的时间与心力。

2　我得提及，中世纪期间的建筑图样也从平面几何图形中发展出三维建筑正视图非错觉手法、非透视的投影规则。正如弗朗索瓦·布歇［François Bucher］所论证的，复兴欧几里得几何学后的中世纪建筑者，通过简单地处理由正方形、三角形或圆形这类基本图形构成的平面图的比例，然后垂直地应用这些比例，就能够建造出极其复杂的墙壁和拱顶系统。

建筑师首先在“描图板”［tracing floor］上绘出在建建筑。它描绘出建筑物那个部分的标准平面图（按实际大小或按一定比例），在其上加上正视图。如建筑师通过旋转正方形内的正方形，这样内部图形的棱角总是平分外者的各边，就能引出多种多样而总是成比例的长度、弦和弧度，他可依其来确定墩柱、墙壁、窗户、尖顶饰等的高度。建筑师仅需通过细绳或模板将描图板模数的量度转到墙壁或天花板上即可。见布歇（1），第50页；（2），第48页。

据发现，古希腊石匠也将神殿的标准量度刻在建筑场地的“描图墙”上，他们同样地根据这些，用细绳和模板来推定装饰线条的曲度和圆柱收分线；见哈斯伯格［Haselberger］。实际上，建筑者沿用这种做法直至17世纪。通过这种非绘画手段——也即是说，无须纸上蓝图样式的平面图——一些西方文明中最伟大的建筑物建成了：帕特农神庙、沙特尔大教堂和佛罗伦萨大教堂，兹举几例。

3　关于构成星盘的天体圆周的透视投影，见诺伊格鲍尔（4），第278—295页。有关古希腊天文学家所用的平面天球图投影与文艺复兴画家所用的线性透视间的差异，见贵尔特斐（1），第42—45页。

舞台设计者所用。[1]不过，多数情况下透视图成为人文研究者和绘图员的工具，他们用其将球面投射到二维地图上。 34

托勒密在《地理学》卷七中描述了投射天球的方法，遗憾的是没有示意图。他的文字说明从未得到正确的图示，一直被误解，直到15世纪佛罗伦萨艺术家菲利波·布鲁内莱斯基［Filippo Brunelleschi］最终“重新发现”了线性透视。[2]要是古代职业画家曾掌握过这种方法，那么在东方抽象性影响下的古典风格来临之际，尤其是在4世纪基督教被定为帝国国教后，他们便遗忘了 35 它。[3]

欧文·潘诺夫斯基［Erwin Panofsky］通过从古典时代到文艺复兴时期艺术中所有空间再现的不同情况深入探索了西方艺术中的这一问题。[4]他主张每个历史时代，当时流行的物质的与形而上的空间概念，会以某种方式显现于它的视觉艺术中。不同文化的艺术家选择描绘图画中背景的不同方式，不仅是其文化风格而且是其最深刻的哲学信仰的“象征形式”[5]。

正如潘诺夫斯基所表明的，即便在基督教降临之前，西方古典艺术也已经背离了错觉的、三维的自然主义。例如我们在公元前1世纪作品《奥德赛的风景》［*Odyssey Landscape*］（图1-11）中可见到这一发展。在这幅古希腊或受到古希腊画风训练的画家绘于古罗马贵族房间的湿壁画杰作中，随着物体消融于朦胧梦幻的空灵气氛中，所有体积的坚实感弱化了，块面与空间不再

---

1 如维特鲁威《论建筑》［*De architectura*］（公元前1世纪）中所言：“透视图也是让前部变暗、各边向后退缩，所有线条与圆的中心相对应……因为原本是，当埃斯库罗斯上演悲剧之际，雅典的阿加塔库斯［Agatharchus］掌控着舞台并写下一篇评论。德谟克利特［Democritus］和阿那克萨哥拉［Anaxagoras］遵循他的建议述及了同一主题，为表明若是一个固定中心被当作眼睛的外视点和半径的投影，我们必定会依照自然法则跟随这些路线。这样从某个不确定的物体那里，模糊的图像也许就在舞台布景中显出建筑物的外貌；而映在垂直和水平面上的图像仿佛一部分向后退，一部分向前突出。”［维特鲁威，1:26—27；2:70—71］；同时参见埃杰顿（2），第71、173—174页。

2 关于重现托勒密的方法，见诺伊格鲍尔（4）。至于托勒密透视法的复原图，以及与本书相关主题的进一步讨论，见后面第五章（图5-2）。

3 关于古代晚期画家使用透视法的情况，见乔塞菲［Gioseffi］（1），第5—47页。

4 潘诺夫斯基（1）。

5 有关潘诺夫斯基的“象征形式”的更详细分析，见埃杰顿（2），第153—167页。



图1-11 《奥德赛的风景》(局部)，庞贝，公元前1世纪，梵蒂冈城俗艺博物馆

易于区别。这种处理方式将成为古罗马帝国范围内视觉艺术的典型特征，尤其是基督教出现之后。背景空间日益被描绘成平面的、非错觉手法的，经常敷上金色或紫色等单色调，正如潘诺夫斯基所描述的，是“象征性空间”而非“封闭的空间”。迄至第一个千禧年，古典错觉艺术手法只有少数残余得以保存在艺术中，其他通常莫名所以地平面化了，而它们原本的几何功能也被遗忘了。

迄至11世纪，平面在西方视觉艺术中占据着至高无上的地位，具有讽刺意味的是，正是这一对旧古典风格的体量和空间的压缩，为复兴三维错觉手法开辟了道路。由于空间和形体以同样的平面形式结合在一起，其中一者发生变化则意味着另一者会有相应的变化。正如潘诺夫斯基继续论述到，这一复兴确实发生于雕塑——自古典时代以来近乎被忽略的一门艺术。在建于11世纪和12世纪初的罗马式教堂的入口和墩柱上，突然出现了高浮雕甚至

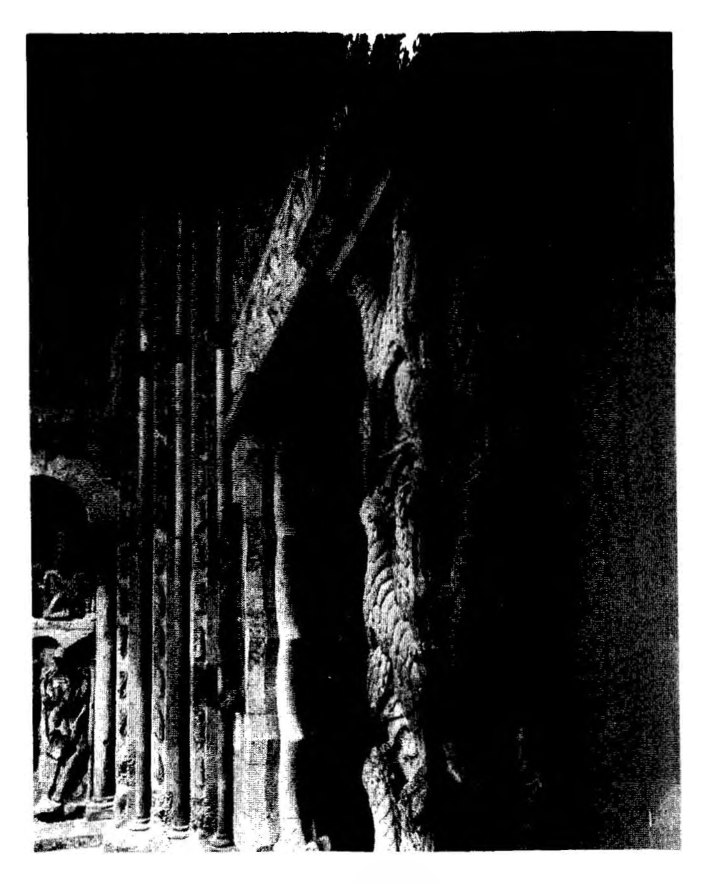


图1-12　法国莫瓦塞克圣彼得教堂西门，12世纪

圆雕的雕像。我们可以在更大的雕塑体量中追溯这一新的驱动力，特别是沿着所谓罗马式道路从法国西南部至西班牙北部圣地亚哥的那些朝圣中心，如图卢兹的圣塞尔南大教堂［St-Sernin］或莫瓦塞克［Moissac］的圣彼得修道院［St-Pierre］（图1-12）等。[1]

为何这些中世纪艺术家在近800年的时间里明显地在精神上和审美上满足于他们视为神圣的二维观看现实方式后，突然间有了变革的冲动？智力超群的史学家（包括潘诺夫斯基）刚意识到1100年后在科学研究方法上同时发生

1　詹森，第219—225页。

的革命性转变，正如一位现代作家所描述的，那时复兴了“严格地将批判分析的思维方式运用于自然现象的所有方面”[1]。然而，很少有科学史家或艺术史家着力回答过这一时期艺术的转变与科学领域新风气的到来之间可能存在的联系。[2]

欧洲中世纪亚里士多德哲学的学者爱德华·克朗兹［F. Edward Cranz］，试图确定这一转变的时间。[3]他根本没有论及艺术和科学，而仅仅根据哲学和神学材料，特别是坎特伯雷的安塞姆［Anselm of Canterbury］（卒于1109年）和彼得·阿伯拉尔［Peter Abelard］（1079—1142）的著作提出一种非常有说服力的理论。克朗兹首先解释到，在12世纪以前，哲学家相信灵魂位于产生所有感觉和智力活动的人体内，其本身就是一个完整的世界（“所有生命”的核心，亚里士多德语）。克朗兹强调，对于古人而言，灵魂正如我们今天所认为的，不仅仅以某种象征的形式反映现实，而且被理解成能够接受外部世界所有可感知的真实形式和本质。当某个事物为感官所感知时，它的形式和本质实际上便进入了灵魂。[4]

一如克朗兹所指出的，许多中世纪初亚里士多德派作家充分地阐述了这一观念。如公元2世纪阿弗罗狄西亚的亚历山大［Alexander of Aphrodisias］在关于大师的《论感觉》［*De Sensu*］的评注中写道：“在看见之前，视觉就是潜在的可见物；在听见之前，听觉就是潜在的可听之声；在嗅到之前，嗅觉就是潜在的可嗅物。而要是感觉确实通过采取相应的感觉形式而发生的话，嗅的动作就是可嗅物，正如视觉动作就是可见物一样。”[5]

---

1 斯蒂费尔［Stiefel］，第188页。

2 见潘诺夫斯基（2）和（7）。在科学和技术史家中，只有小林恩·怀特［Lynn White, Jr.］有力地论证了中世纪期间艺术与科学的关系。尤见于怀特（1）和（3）。

3 见克朗兹，第1—97页。至为感谢克朗兹教授同我分享他有关这一主题的未出版手稿，尤其感谢他阅读并评论我的有关阐述。

4 我在此及别处必须仔细地辨别古代和中世纪（亚里士多德学派的）在substance和matter间的区分。尽管我们今天无区别地使用这些词，但古代哲学家只是将matter看作不确定的物质。只有与form（形状、维度和重量这些特性的载体）结合时，才能成为substance。见林德伯格（5），第7页；埃默顿［Emerton］，第48—177页。

5 克朗兹，第30页；译自阿弗罗狄西亚的亚历山大。

而关于这一主题的论述，没有哪位古代哲学家超过圣奥古斯丁［St. Augustine］（354—430）的了。这位希波主教实际上认为所有的知识都是幻象，他把心灵比作眼睛，它发出一种光芒或光束［*acies*］。当心灵的光束触及它沉思的物体时，就会对那个物体的形式［forma］留下深刻的印象并与之相联。奥古斯丁进一步说到，灵魂以同样的方式“看见”上帝，并同样地与之相联。他还在《忏悔录》［*Confessiones*］（x, 10, 17）中写道：“［自由艺术］的物体本身……我从未通过任何身体的感觉而达到，也从未在心灵之外看见它们。在我的记忆中，我不仅存储它们的图像，而且存储它们本身。”[1]

克朗兹称这种不常见的感知、成像和领悟方式为“联合的”［conjunctive］，并发现它在古代及中世纪初的语言论述中很平常。因此也许有人要问，是否这种“联合的”思维能力也与古代晚期艺术家赋形前的心目中成像方式有关。再次查看8世纪福音书中的插图（图1-2），我们注意到中世纪初彩饰者着力描绘圣人的特性，而很少涉及实际的面貌。显然他感兴趣的不是“写生”，而是保持传统的再现图式。

难道《林迪斯法恩福音书》画家心目中《福音书》作者的先验形象不是同样地与神圣艺术的表意符号相联合而没有自然的介入，正如奥古斯丁的心理形式直接源于圣经抽象文字吗？确实，克朗兹关于文字的论述也可用于图画：“古人的心理观首先是感觉，它‘被动地’接受可感觉的形式而无其实质，而智力活动被理解为遵循同样的模式；文字只是表示这一领域罢了。”[2]

无论如何，在1100年前后，正是艺术史家察觉到早期基督教绘画的彻底平面化发生转变的那一刻之前，克朗兹发现这种古代“联合的”推论变成了“分离的”。他从安塞姆［Anselm］《证道集》［*Proslogion*］的下述文字中读出这一变化，安塞姆在其中努力让上帝占据其心灵的描述：“哦，我的灵魂，你是否已发现你所要追寻的？……若是你还没有发现你的上帝，他又如何是你所理解的那样如此真实、如此确定无疑？若是你已发现了他，为何你无法感

1　克朗兹，第5页；译自奥古斯丁。

2　克朗兹，第40页。

觉或体验你所发现的？上帝啊，若是我的灵魂已然发现了你，为何它感觉或体验不到你？"[1] 换言之，安塞姆试图像奥古斯丁那样"看见"上帝，并认识到上帝的"图像和真容"永远是外在的。安塞姆也许意识到这一点，但那种感觉只是承认心目中的理想形式与自然界的客观存在之间的深刻分歧。

在阿伯拉尔的《逻辑入门》[*Logica "Ingredientibus"*] 中也有相似的内容："智力活动所指引的形式是某种想象的、虚构的东西，它是心灵按照所希望的模样和种类为它自己虚造的，正如我们梦中所见的那些虚幻的城市，或是某种尚未被创造之物的形式，而它正是工匠 [artifex] 为待造之物所构思的原型与范本。"[2] 阿伯拉尔同安塞姆一样认识到，当他在脑海中想象某物时，实际上是空无一"物"的。他心中"所见"的只具有心理上的实质和形式，它与构成外部世界的事物有着实质的区别。

克朗兹在这些拉丁文论述中揭示的是西方文化史上的重要转折点，当时的哲学家首次理解自身与自然相分离，作为外界的观察者囿于心理形式 [*formae*] 的缺乏而只能隐喻性地感知和描绘现象。当此之时，似乎中世纪西欧各民族开始认识到，他们不再生活在一个魔法的世界里，那里自然与超自然力量无分别地混在一起。我们的中世纪先人发现，在同样严格的概念下，内在和外在的"现实"确实是需要区分的不同物质。在现代符号学术语中，符号 [sign] 总是与所指 [the signified] 相分离。在拉康的心理分析法中，安塞姆也许是第一次表达了他有限的"眼力"相异于世界之神的全知"注视"。[3]

随后两个世纪西欧的这一变化如此深刻而微妙，经院哲学注释者完全无意识地曲解亚里士多德，经常将逍遥学派（亚里士多德学派）的希腊语译成

---

1 克朗兹，第7页；译自安塞姆的《证道集》，14，第111页。

2 克朗兹，第42页；译自阿伯拉尔，第3页。

3 拉康，第66—123页。克朗兹本人是这般解释其差异的（第44页）："根据前面阿伯拉尔的区分，我们称为语言的现代体系的所有主要部分业已形成，我们已能够较为充分地叙述自我们所开端的安塞姆图式。而我不同意阿伯拉尔的是，思维或意义的表示是最后的工作。在古人看来，内心中真实世界的一部分便是某种意义上的全部事物，我们现在有了人类的意义领域，它以二分法与事物的外部世界相分离。我们在意义领域内发现具有'语言'特征的所有符号都不见于古代体系：语义性、目的性、有别于知觉的概念、象征物和再现。"

点义自相矛盾的拉丁语。[1]尽管克朗兹没有探究这一问题，但他必定意识到安塞姆和阿伯拉尔的新思维是与12世纪发生的古代学问的伟大复兴同步进行的；即与根据阿拉伯语的古典希腊文本而来的许多新拉丁译本同步，这些文本此前并不为西方人所知。当然，要想证明古典学问复兴与分离思考［disjunctive cogitation］之间的因果关系可能很困难，尤其是因为安塞姆和阿伯拉尔两人的著述都写于那些经典译本在北欧扩散前。此外，正如克朗兹慎重指出的，这一新智力活动的基督教实践者并不仅仅“重新进入了古人的世界”；相反，他们“强迫古人（有时几乎使用暴力）进入并接受他们自己的新世界环境”。[2]

尽管如此，如果没有预知安塞姆和阿伯拉尔的创新思维，古代特定学科的复兴有可能促成这一差异并确实地强化了它吗？有可能阿拉伯人撤退后，所有古代著述由那些在西班牙和西西里工作的辛勤抄写员翻译誊抄，那些几何学论著会极大地补足12世纪不断增长的内在形式与外界形式相分离的倾向吗？

当然，几何学属于古代传统的自由艺术，中世纪初期的奥古斯丁及所有其他哲学家必定意识到，他们以在其他精神操练中经历的相同联合方式来理解几何图形。而几何学的某些方面，不同于算术学，在一定条件下可以激发哲学家去发现抽象与具体现实间的分立。实际上，在15世纪，意大利首位表明绘画中几何线性透视重要性的人文主义者莱昂·巴蒂斯塔·阿尔贝蒂［Leon Battista Alberti］，已然在一本叫作《论画家的点与线》［*De punctis et lineis apud pictores*］的小册子中论证了这一问题：

> 画家的点与线不同于数学家的，［后者认为］一条线上有无数的点。根据我们的定义，一个点就是一个印记［signum］，因为画家将其看作介于数学［概念的］点与可以用数字表示的数量（类似原子的有限微粒）

1　克朗兹，第7页。

2　克朗兹，第77页。

之间的一种事物。然后，画家从［图画中］模仿的自然中获得线条和角度，其次是画面的光线和色彩，其中的一切都能够测量，且相对于各部分（即各区域）而分立，不是人为而是根据自然来确定的。[1]

有关欧几里得与其他希腊几何学家如阿波罗尼奥斯、托勒密和阿基米德等在12世纪复兴的故事时常被人说起。不过，现代史学家（特别是查尔斯·霍默·哈斯金斯［Charles Homer Haskins］）[2] 倾向于将几何学视为古人感兴趣的无数问题之一，其对于西方文明未来进程的重要性并不胜于古希腊医学和罗马法。而我们不应忘记，所有的古代经典，欧几里得《几何原本》及相关著作作为古典思想的一部分而持久不衰，它的内容从未被修订或取代。欧几里得定理在今天的有效性一如它们在公元前4世纪初次编纂时的情形。

即便是在巴思的阿德拉德［Adelard of Bath］（1120年前后在世）、卡林西亚的赫尔曼［Hermann of Carinthia］（12世纪末）和克雷莫纳的杰拉尔德［Gerard of Cremona］（约1114—1187）最初将完整的《几何原本》从阿拉伯文翻译成拉丁文之前，该著作所有13书的片段已在西欧传播了至少两个世纪。[3] 因此，安塞姆和阿伯拉尔一定熟悉欧几里得的论证体系，不论他们是否感受到从11书到13书（以及伪托的14、15书）所提供的分离性智力活动的非凡刺激[4]，其中欧几里得介绍了三维（立体）几何学。

在欧几里得的著作中，对西方思想的重要性仅次于《几何原本》的，是他的《光学》。这一重要的著述最初由巴思的阿德拉德和康切斯的威廉［William of Conches］（约1080—约1154）译成拉丁文，时间也是在12世纪。我们现今知道，这部著作并非全部由欧几里得编纂，同时还由亚历山大里亚的塞翁［Theon of Alexandria］（4世纪末）校订。而在欧几里得和塞翁之前，柏

1 埃杰顿（2）全文引用并讨论了这篇短文，第81—82页。

2 哈斯金斯（1），各处。

3 有关欧几里得著作自最初著述开始的完整历史，见希思［Heath］、克拉格特（1）；关于欧几里得著作在12世纪文艺复兴后的中世纪和意大利文艺复兴中的命运，见希思，第361—370页。

4 希思，第419—421页。

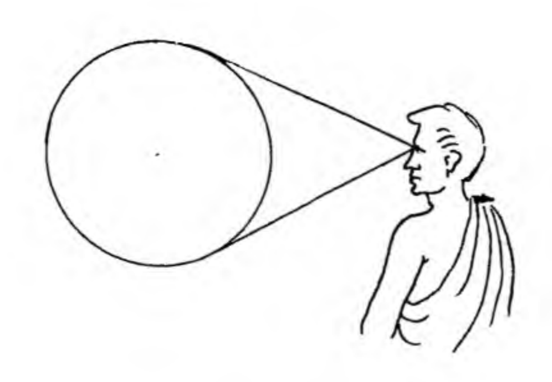


图1-13　古典光学所理解的视觉锥

拉图在其影响巨大的《蒂迈欧篇》[*Timaeus*]中已详细地讨论过这一主题。此外，公元2世纪伟大的亚历山大里亚数学家托勒密写下另一部论述光学的长篇论著，以修正欧几里得的观点。它也是在12世纪得到翻译并传入西欧，尽管其中大部分后来散佚了。

古希腊人研究这门科学的集体成就就是认识到光，由于它看起来是以直线照射的形式传播，他们将其图示为直线。古希腊人相信，当这些直射光线围住观测目标时，它看起来像是圆锥体（或棱锥）的底部，眼睛是它的顶点（图1-13），"看见"的物理动作便发生了。在那种情况下，欧几里得在《几何原本》12书中运用于圆锥或棱锥的定理，同样决定着我们在现实世界中的观看方式。欧几里得的光学还描述了发生在古人间的争论，即关于基本的视觉刺激物是先流出眼睛还是先进入眼睛。毕竟，其法则的运用，无须考虑视线的行进方向。[1] 所有这些古典光学命题，包括镜面的反射（反射光学）和折射（折射光学），都是假定观者与观测对象处在固定的距离上。它们证明了《几何原本》的几何学同样可以解释此前的神秘光学"事件"，如物体从不同的距离观看时，大小和形状会失真的问题。

在西方中世纪，古希腊几何光学及其与阿拉伯知觉心理学的混合物被称

1　有关希腊光学历史，见勒热纳[Lejeune]。实际上，正是11世纪阿拉伯人阿尔海桑[Alhazen]论证了视觉本质上是对射入光线的反应；见林德伯格（2），第65—66页。

作“透视”[*perspectiva*]，源自拉丁语*perspicere*，“看穿、看透”的意思。在这个词语与绘画错觉手法相联系之前许久，哲学家们便为这一可能性所吸引，即可以确切地了解来自形而上世界与物质世界的感觉如何经过三维空间，最后进入人的眼睛并在大脑中成为同类物质。

最早领悟“透视”科学形而上意义的思想家也许是罗伯特·格罗斯泰斯特[Robert Grosseteste]（约1168—1253），林肯城[Lincoln]主教以及新创立的牛津大学校长。他认识到欧几里得在其中想象图形并绘出相关图表的假定空间完全是同质的、同向性的。格罗斯泰斯特随后有了伟大的设想，宇宙中遍布我们周围的光，也是以完全相同的方式传播。绝非巧合，上帝在第一天里创造了光[*lux*]，他根据几何透视法则将光作为基本的媒介来传送他的圣恩。[1]

不过，我们得求助于格罗斯泰斯特的学生、圣方济各会的罗杰·培根来了解12世纪几何学和透视法的复兴与14世纪后艺术和科学的复兴之间极为有趣的理论联系。培根是牛津和巴黎所有学者群体的先驱，他们在14世纪关于物质的力和结构的量化研究，开始逐步地侵蚀传统的亚里士多德主义基础，并为全新的概念，特别是三维空间几何特性的概念开辟了道路。[2]

遵循其导师的意见，培根也相信透视法为理解上帝如何向世界传播其圣恩提供了范式。既然古典光学教导我们，发光体（如太阳）以直线向各个方向传播光线而无物质损失，培根断定宇宙间所有物质的和精神的物体也发出类似的力量。他以拉丁语把这种力量称为“种”[*Species*]（单复数形式相同），意思是“相似物”。“种”然后逐渐在介质中“增殖”[multiply]，不断地与其他的“种”互相作用，那些来自较强源头的便将性质上的变化强加给较弱者，如烈火焚毁木头等。[3]我们在第三章将更为详尽地研究培根有趣的种

1 有关古希腊、中世纪阿拉伯和早期基督教关于光与视觉的充分论述，见林德伯格（2），尤其是第87—103页；同时参见克龙比（1）。

2 有关中世纪和文艺复兴时期关于物质本质的争论，见詹姆（1）。

3 培根的种理论与古代和中世纪光学历史之关系的详细分析，见林德伯格（4）。

类理论及其远见卓识，包括他详细地考察15世纪佛罗伦萨一位著名画家的作品，他似乎以一种前无古人的方式理解并运用这一理论。

1254年第七次十字军东征夺取耶路撒冷之失利，最终激发培根将其理论汇集成长篇纲要，他称之为《大著作》[*Opus majus*]，并于1267年呈给教皇克莱门特四世 [Clement IV] 以期鼓动再次进攻撒拉逊人 [Saracen]。培根认为先前十字军东征的失败，正是因为基督徒缺乏足够的学问，尤其是几何学和光学知识。尽管他也许根本不了解当时远在意大利的相关艺术活动，他却清楚地意识到视觉传播的力量，并且确信图像制作者（可能是艺术家、神学家或科学家）要想让其神圣的图像具有相当精确的逼真程度，就必须掌握几何学。只有在那时候，基督徒才会充分了解上帝的自然法则，从而激起他们维护自身信仰、反对异教徒的热情：

> 哦，神圣智慧的难以言说之美会照耀大地，而无穷的善行会遍及各处，要是与几何学有关的这些内容（它们包含于圣经中），以有形的形式置于我们眼前！世间之罪恶也因此被喷涌不息的仁慈所湮灭……怀着以西结 [Ezekiel] 的狂喜精神状态，我们会明显地看见他从精神上感知的一切，因此，在最终重建新耶路撒冷之后，我们会进入饰满荣耀的大教堂……由有形器物激起的至上之美，我们为沉思默想圣经的精神意义和字面意义而欢欣，因为我们知晓，所有事物现在全都在上帝的教堂里，我们的眼睛能够感觉到的那些形体会显示出来……哦，上帝会命令完成这些事！……因为，毫无疑问，世间万物的所有真理存在于字面的意义……特别是与几何学有关的事物，因为对于我们而言，没有什么是可以充分理解的，除非它以图形呈现在我们面前，也因此在上帝的圣经里面，包含了由几何图形所确定的事物的全部知识，远胜于单纯哲学所能够表达的。[1]

1 培根（2），1:210—211。同时参见埃杰顿（2），第16—19页，我在那里引用并更为详细地讨论了这段文字；同时参看埃杰顿（6），第30页。

我们在哪里可以找到论证12世纪后的分离性的更好事例呢？因为培根同安塞姆一样，不再满足于以往奥古斯丁式的联合意识与可感觉的形式。仅仅文字是不够的。培根主张，为了从圣经所描绘的事物中获取真正的神秘含义，内在的心灵必须为外在的三维“相似物”所激发。为了这一灵感，他竭力主张一种新的圣像，通过绝对的几何法则赋予其永恒性和确定性，同时可见可触于非永恒的世俗世界。

对于培根的呼吁的反应如何？快速而出乎意料地（甚至是在13世纪末之前）从意大利中部他所在的圣方济各会总部传来了响应。出于并不完全相同的目的，罗马地区的湿壁画画家已经沿着同样的路线在探索。事实上，当时这些艺术家正在位于阿西西城为纪念圣方济各而在建的新巴西利卡教堂内寻找工作。尽管这位英国学者可能仍未意识到这一发展，并且也可能从未拜访过母堂［mother church］，但培根融合几何学与绘画的先见卓识确实首先在那里生根。

第二章

图画空间的几何化：阿西西教堂第二飞檐边饰大师

在这些画家中，第一位是……契马布埃［Cimabue］，他以其技艺与天分恢复了绘画艺术，让人回想起绘画艺术的逼肖自然，这在当时已遭废弃且肆意地偏离事物的真实面貌。确实……在契马布埃时代之前的很多代时间里，古希腊和古罗马绘画遭受诸多笨拙粗俗之手的摧残……契马布埃之后，随着新基础上道路的铺就，乔托……重新恢复了绘画原有的尊严和崇高的声誉。因为其画笔所描绘的图画紧随自然的外形，以至它们在观者看来栩栩如生。

——菲利波·维拉尼［Filippo Villani］，《佛罗伦萨及其名人的起源》［*De origine civitatis Florentiae et eiusdem famosis civibus*］（约1400）

罗杰·培根在遥远的英国力促基督徒掌握更多的几何学知识之际，13世纪意大利画家在做些什么呢？由于自圣本笃［St. Benedict］统治以来，他们的新运动突然变成了最激动人心的基督教思想，培根那些在阿西西教堂的圣方济各会同道（尤其是同他一样认识到将数学应用于教会赎救重要性的那些修道士）的心中在想些什么呢？

没有人知道培根本人是否曾经到访过其意大利的创始中心，在他的有生

之年，那里为纪念那位圣人的一座新巴西利卡教堂正在建造中。[1] 我们也不清楚阿西西教堂的早期赞助人是否听说过或阅读过培根向短命教皇克莱门特四世的恳求之词。不过，培根的《大著作》手稿及其关于透视法的长篇专论确实存于13世纪末的意大利。[2] 保罗·希尔斯［Paul Hills］提供了大量详尽的证据，以论证培根的光学理论（他称之为“方济各会光学”）通常与13、14世纪的意大利绘画紧密相关。[3] 查尔斯·帕克赫斯特认为其影响更为直接：当时的帕多瓦大学已在研究培根的《论感觉》［*De sensu*］，其中含有他的色彩理论，与此同时，乔托于1306年在帕多瓦的阿雷那礼拜堂湿壁画中开始运用类似的色彩观念。[4]

此外，阿西西教堂的图像志证据有力地表明了，方济各会教长阿斯科利的吉罗拉莫［Girolamo of Ascoli］提供了教堂新半圆形后殿湿壁画采用的主题。[5] 1288年，正值湿壁画家受雇之际，吉罗拉莫修士当选为所有基督教世界的教皇（号称尼古拉斯四世）。他不知晓培根的著述吗？方济各会知识分子显然都迫切希望朝圣者来阿西西教堂观看图像，那些新颖的图像可能会再次鼓起他们改革教会的信心，并夺回圣地［Holy Land］——那些图像会让他们能够像培根所主张的那样，“明显地看见以西结仅从精神上感受到的东西”。无论如何，新的双层方济各会巴西利卡教堂，气势恢宏地坐落在翁布里亚平原一座险峻的小山上，在13世纪末突然成了基督教欧洲朝觐最多的圣地（图2-1）。

尽管意大利哥特式风格所提供的机会不及阿尔卑斯山北部地区对彩色玻璃窗画的需求（由于阳光充足的缘故，意大利天窗普遍较小），但它相对地提供了更多的墙壁空间用于装饰。因此，阿西西高教堂［upper church］巨大

1 至少有一位现代史家认定培根在1277年至1291年间因教义“含有可疑的奇异事物”［*propter guardam novitates suspectas*］而在阿西西被判入狱；见克罗利［Crowley］，第72页。

2 林德伯格（1）。

3 希尔斯，第12—14和64—71页。

4 帕克赫斯特，第192—193页。

5 米切尔［C. Mitchell］。

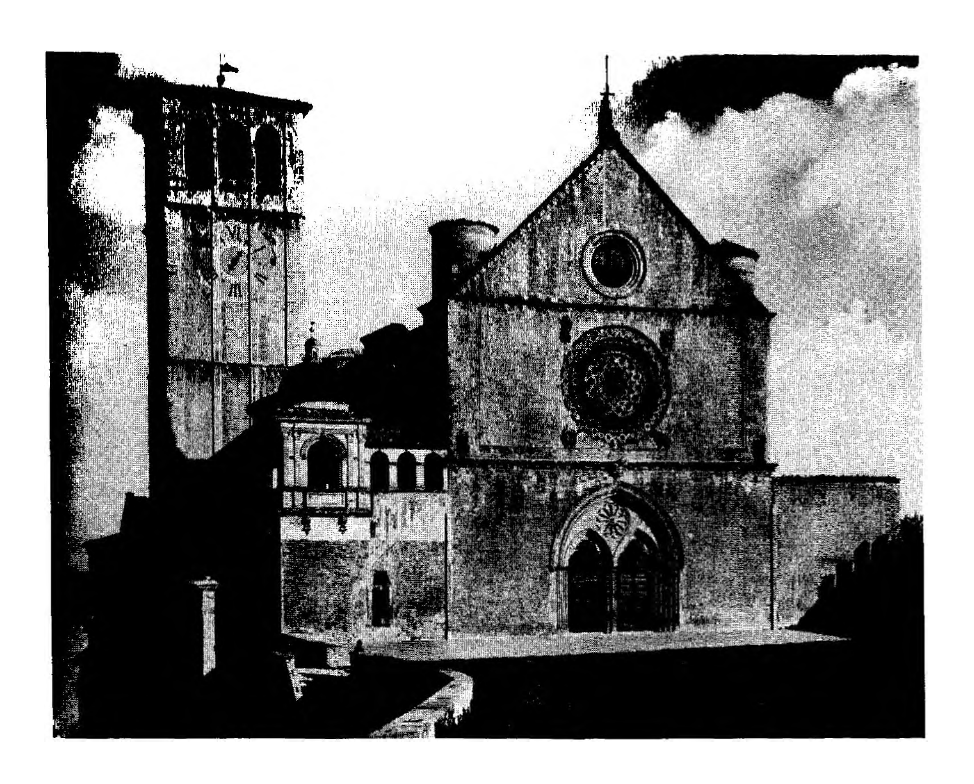


图2-1　阿西西的圣方济各圣殿，13世纪

的中殿部分真切地寻求艺术装饰，而方济各会修士决定覆以人或动物图像的湿壁画，色彩鲜艳一如彩色玻璃，并绘有生动的圣方济各返古生活图解以及通常的新旧约故事（图2-2）。

在阿西西从事绘画的是哪些人呢？他们被认为是激进者，有意被雇用来打破既定传统的吗？抑或他们的革命性艺术是如此微妙，以至当初几乎无人注目？最难以回答的问题还是14世纪佛罗伦萨最伟大的画家乔托·迪·邦多内［Giotto di Bondone］（约1277—1337）是否与正在进行的装饰有关联。[1] 这一难题困扰了数代艺术史家，在此不再赘述。无论如何，正如潘诺夫斯基所指出的，12、13世纪突然出现的雕塑艺术，已促使画家去探索新错觉手法的

1　关于阿西西圣方济各大教堂建筑与装饰的讨论与最新参考文献，见内西［Nessi］。

图2-2　阿西西的圣方济各圣殿的高教堂内景，13世纪晚期

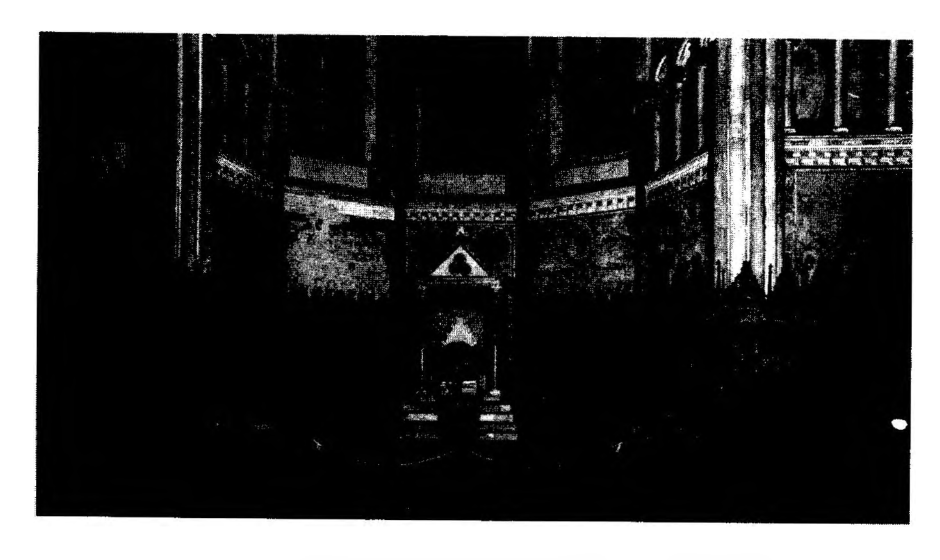


图2-3　阿西西的圣方济各圣殿的高教堂后殿内景，13世纪晚期

可能性。[1]我只补充一点，阿西西艺术家的集体创新也许更是受到委托项目本身的刺激，而非某个画家的天才所激发，是要让观众相信他们实际处身于新近发生的神圣事件现场，看见并触及他们的圣洁主人公，恰如罗杰·培根在论几何学的力量中一直主张的。

基督教会的装饰活动通常沿着祭坛向入口处延伸。这显然是为了确保 50 建筑物最神圣的部分先准备就绪。基于某种原因，阿西西的低教堂［lower church］也许会另作装饰；尽管没有任何文献这样说，但高教堂的半圆形后殿无疑是首个被绘制的室内空间。早在1236年就记载有艺术家在此工作，但首位出现的重要天才是佛罗伦萨画派大师契马布埃（活跃于约1272—1302）。他在1280年前后受委托在底层耳堂墙壁和多边形后殿绘制各种各样的《新约》 51 故事和圣人生平的湿壁画（图2-3）。

这些常常述及的绘画主题和风格不是我们的关注点。[2]令人感兴趣的是那些错觉手法的建筑飞檐托饰带，以装饰围绕墙壁的一道檐口，位于低天窗下方、地板上方约七米高的地方。[3]由于技术考量要求，湿壁画必须自上而下绘 52 制，因此框架边饰得在首个“日工作量”［giornata］，画家开始在底层墙壁上绘制所有的故事画之前完工。[4]这个装饰檐口不仅要越过契马布埃的《圣经故事》，还需要延伸到整个高教堂的中殿墙壁，从审美上统一起上方和下方的所有画作，甚至包括尚未受到其他画家委托的那些。

毫无疑问，契马布埃的建筑母题源自古代题材。[5]从一开始其赞助者就

1 潘诺夫斯基（1）。

2 关于契马布埃最新的专题论文，见巴蒂斯蒂［Battisti］。有关在阿西西语境中的契马布埃绘画，见约翰·怀特（3），第23—30页；以及（2）。

3 有关圣方济各大教堂实测建筑平面图、立面图和剖面图，见罗基［Rocchi］。这座建筑内景最佳的一套摄影图片，见珀施克［Poeschke］。几位作者采用console［托臂饰］来定义窗户下所绘虚拟飞檐中反复出现的错觉建筑元素，而我选用modillion［飞檐托饰］称之。托臂饰实际是个较大的支架，单独或成对使用以支撑古典风格的花檐或壁架；飞檐托饰是整个檐口上一连串较小的齿状支撑物，尤见于科林斯柱式，正如高教堂中所绘。

4 在现场认真考察契马布埃的日工作量顺序后的一篇有趣的报告，见约翰·怀特（2）。

5 阿西西的错觉建筑结构与古罗马壁画间关系的出色研究，见本顿［Benton］（1）。还可参见本顿（2），该作似乎试图表明阿西西大师们意在让观众看到并思考湿壁画系列。

喜好强调他们的创始人重现了基督生平的图像。方济各和耶稣都出生于罗马的地方小镇，在阿西西至少有一座原始古建筑类似的飞檐檐口仍在（至今犹存，图2-4）；画家很有可能从中借鉴。[1] 而他的错觉边饰，在装饰性地以所 54 绘画框来显示建筑结构时，也反映了长期确立的“发散”[divergent]透视传统；也即他在多边形后殿轴线两侧绘上类似的飞檐托饰，像是远离中心点而退向墙壁（图2-5）。[2] 当墙面本身保持扁平、非凹进的样子时，心理上感觉这些形式像是浮在面前，如同凸起的浮雕。[3]

另一方面，契马布埃并不熟悉“焦点”[convergent]透视，另一错觉地 55 再现建筑的古典图示。这一形式，见于所谓的第四风格罗马壁画装饰中，经常模仿戏剧舞台。[4] 观众会误以为他们不是在看凸出的浮雕，而是能够穿透墙

---

1 我们注意到中殿右侧偏下墙面上《圣方济各》组画第一幅中的这一神圣的巧合（图2-10中最左侧场景）。这里我们看见一位穷人展开斗篷，伏在这位有神赐超凡能力的年轻人面前，圣经也这样告诉我们，当耶稣到达耶路撒冷时，人们展开衣服匍匐在他面前。此外，这位艺术家在背景中描绘了阿西西最杰出的古代纪念物，往昔的密涅瓦神殿[Temple of Minerva]，被作为密涅瓦之上的圣母教堂[Santa Maria sopra Minerva]（图2-4）而重新供奉。这一插图复制品中的门廊，像实际的建筑物一样，飞檐托檐口的特征类似于契马布埃在后殿假想结构中所绘的。这座古老的神殿也有着科林斯式圆柱，而值得注意并将进一步阐释的是，绘制《圣方济各》壁画的大师们不只是继续同样的飞檐托母题，而且还将科林斯柱式运用于将所绘场景分隔开的框架圆柱柱头上。

有关早期方济各会神学家们倾向于将他们的圣人想象为耶稣显形后[postfiguration]的样子，见弗莱明[Fleming]，第3—32页。阿西西大教堂设计者持续受到在第一任方济各教皇尼古拉斯四世[Nicholas IV]（1288至1292年在位）赞助下积极开展重建古教堂计划的鼓舞；见斯马特[Smart]（2），第22页。另一方面，阿西西教堂圣人生平系列湿壁画第一幕场景的画家，无意于考古学上的准确性，因为他在象征性的密涅瓦神庙的山墙上绘制了两位在哥特式玫瑰窗两侧的天使，类似于刚完工的圣方济各大教堂入口上方的装饰，显然意在作为耶稣前耶路撒冷象征的古代神庙与圣方济各重建的新耶路撒冷教堂间建立一种类型上的联系。

2 有关契马布埃“发散透视”的分析及其可能的古典与中世纪来源，见本顿（1），第121页及其后。此外，阿西西的赞助者雇用了其他艺术家（可能来自罗马）以几何视错觉的图像装饰建筑物天顶四周的边沿，让人再次想起古代壁画和马赛克图案。其中一些图像的生动复制品（在原址难以见到），见珀施克，尤其是彩图3。

3 发散透视的这种突出的浮雕效果，时常见于拜占庭艺术中；见德穆斯[Demus]，第228—230页。发散透视一直存在于意大利湿壁画中直至14世纪；如比萨附近的圣皮耶罗教堂[San Piero a Grado]中殿装饰画，可能由契马布埃的亲密追随者卢卡的德奥达蒂·奥兰迪[Deodati Orlandi of Lucca]所绘。关于这一幼稚法则（也称反向透视）的讨论，及其普遍存在于非西方文化的艺术甚至于儿童绘画中，见阿恩海姆（1）。

4 见上文，注11。

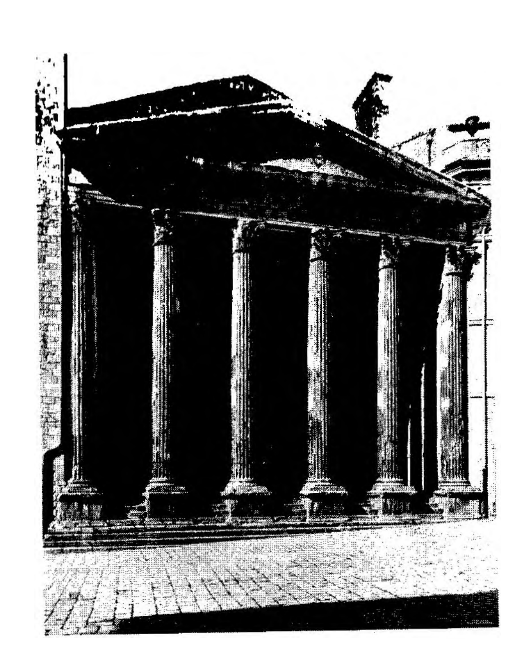


图2-4　阿西西的密涅瓦神庙，公元前1世纪

图2-5　契马布埃的错觉飞檐托檐口，阿西西的圣方济各圣殿的高教堂，13世纪晚期

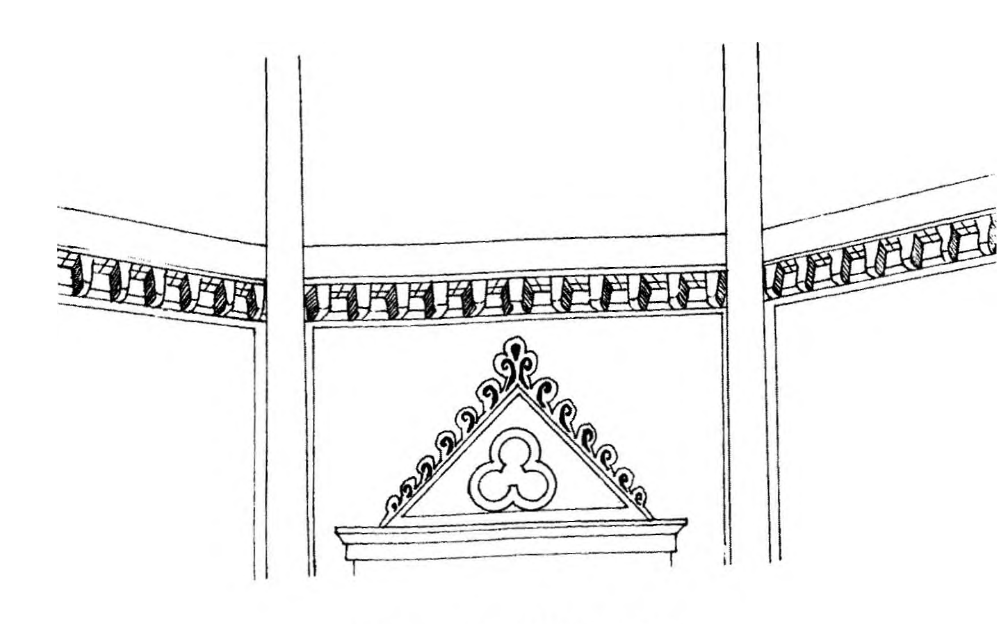


图2-6 契马布埃的错觉檐口图示

面看到遥远的地方或城市风光。[1]

最后，我们注意到契马布埃所绘的中心飞檐托饰（位于主教位的正上方），两侧好像向外展开，近乎扁平，如同早期几何书籍中的插图（图2-6）。不过，我们可以确定的是，画家并非有意精确地、理性化地探究飞檐托饰的形状，他只是单纯地重复了旧有的绘画图示。总之，尽管契马布埃享有乔托的老师与前文艺复兴新风格［*stilo nuovo*］先驱的声誉，我们现在却认为他在阿西西教堂虚构的古典建筑框架知觉上显得幼稚。

因此，我们想知道为什么契马布埃的后继者抵达后，将檐口装饰从后殿延伸至中殿时，决定改用散点透视法。我认为恰是在那个时候，至少在一位13世纪人的内心，发生了至关重要的（尽管当时似乎未被注意到）知觉转变。这种知觉注定会蔓延开，并必然地导致15世纪人为地几何化图画空间的伟大成就。

美术史家普遍赞同契马布埃在1290年前后完成了教堂后殿和耳堂（尽管

1 本顿（1），第12页及其后。

他仍在低教堂继续作画）这一观点。[1] 同一个十年里，位于两侧大窗中间的中殿的上部分墙壁空间，由可能来自罗马的另一组画家绘制湿壁画，其中最有才能的是一位佚名画家，仅知道被称作“以撒大师”［Isaac Master］[2]。他或是其他罗马画家是否曾经驻足于此，以及从何处来的画家负责完成了《圣方济各生平》［*Life of St. Francis*］组画，引起美术史家的长久争论。尽管质疑乔托是否在高教堂带领了这组新团队并不是我的目的，但近期研究确实表明，即使乔托出现在此，许多其他画家也同样为将成为中世纪晚期西方美术史上最具纪念性与革命性的委托任务做出了贡献。[3]

无论是谁继契马布埃之后，作为高教堂的“建筑主事”［*capomaestro*］，选择不再遵循先前画家的散点透视法。也许新大师受到类似图2–7的另一幅古代绘画的启发，这是公元3世纪安条克［Antioch］的一块地板马赛克局部。[4] 依照这一原型，这位艺术家想在突出的檐口下方绘制错觉手法的古典圆柱，他与契马布埃一样，以罗马风格的花格镶板装饰虚构的挑檐底面。[5] 他让

---

1 关于各位大师往来阿西西的所有日期与文件的详细记述，见内西。也见于布兰迪［Brandi］。

2 迈斯［Millard Meiss］（1）。也见于斯马特（2），第16页。

3 关于虽没有决定性论据而仍有材料支持的乔托在阿西西出现过，见贝洛西［Bellosi］；最强烈的反对意见，见斯马特（1）。以大量参考文献讨论双方的这一历史分歧的，见内西。大多数学者赞同《圣方济各生平》组画是在契马布埃与以撒大师作品后几年内开始绘制的，但詹姆斯·斯塔布尔宾［James Stubblebine］就那种传统智慧出版了令人惊讶的修订本，断言这些壁画迟至1330年才完成！他的论点令人迷惑，而如果为真的话，将使得我本人在这一章中的思想毫无意义。但斯塔布尔宾的事例是站不住脚的，它主要依据一个未经证实的怀疑来反驳早已接受的契约终止年代［*terminus ad quem*］，1307年，这突出地显示在明确来源于阿西西《圣方济各》组画场景的小嵌板上，该小嵌板现存于波士顿伊莎贝拉·斯图尔特·加德纳博物馆［Isabella Stewart Gardner Museum］。斯塔布尔宾认为这一年代有误，原因尚不能让众多美术史家信服；尤见于约翰·怀特于《伯灵顿杂志》［*Burlington Magazine*］上的驳论，1986年第128期，第828—830页。同时也支持较早年代以及乔托出现于阿西西的文件，见马丁内利［Martinelli］。

4 见基青格［Kitzinger］的讨论，第50—51页。焦塞菲［Gioseffi］（1），第20—24页，他发现庞贝的阿曼迪奥内［Amandione］房屋中的公元2世纪壁画中有类似的例子。见他的图版1和2。有趣的是，中国唐代画家也喜欢以焦点透视描绘错觉飞檐托檐口。

5 尽管满是科林斯式柱头，但所有绘制在《圣方济各》场景之间的框架柱都是螺旋形而非凹槽的。明显是因为画家希望类似于围绕罗马老圣彼得教堂祭坛的支柱，再次将圣方济各与耶稣的故事联系起来。还应该注意到罗马特拉斯泰韦雷区［Trastevere］的圣切奇莉亚［Santa Cecilia］教堂里的13世纪壁画，归于彼得罗·卡瓦利尼［Pietro Cavallini］名下，也是被错觉手法的古典圆柱所围（但没有汇聚性的飞檐托檐口）。这些画作也时常被认为与阿西西的《圣方济各生平》组画有紧密联系。

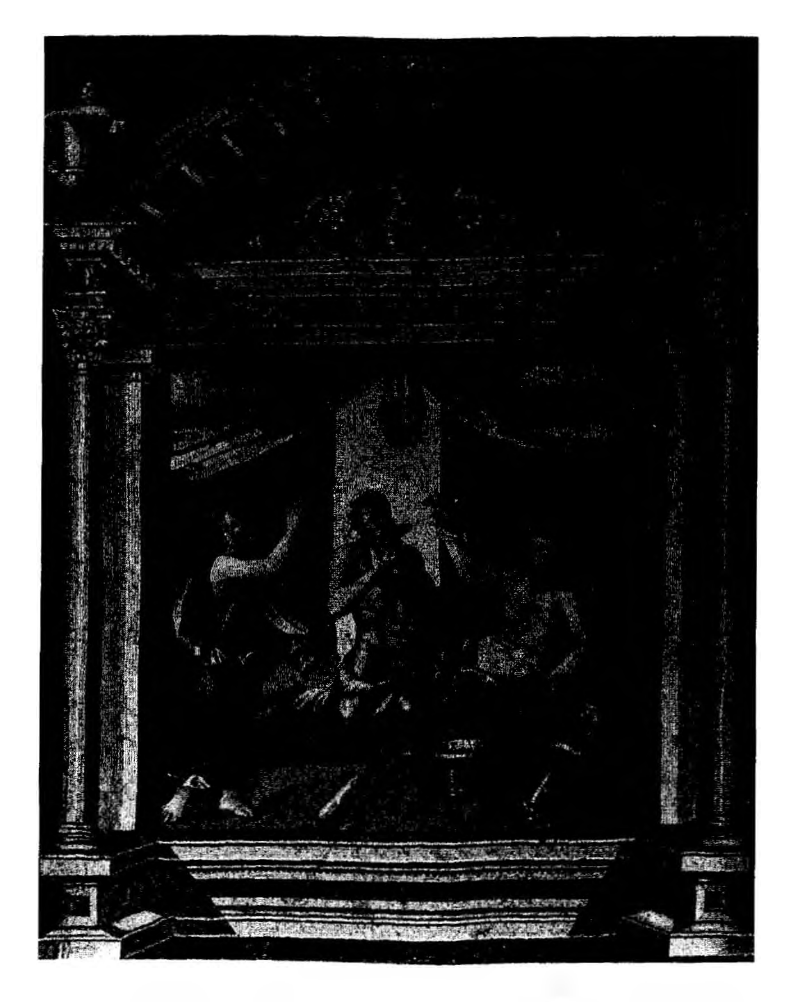


图2-7 罗马马赛克地面（局部），安条克，3世纪，发掘安条克及附近区域的美国委员会捐赠，1939年

58 这些圆柱依次排列在一个挑檐上，挑檐下方是一排齿状装饰嵌线。此外，他将所有这些虚构的建筑构件的凸出侧面描绘成从左右两边向下汇集成的一个人字形轴，或多或少都会跨过各开间［bay］的中心（图2-8）。艺术家显然
59 意在让装饰边模仿古代建筑的画廊［*stoa poekile*］，在浅凹处展示历史故事。

1962年莱奥内托·廷托里［Leonetto Tintori］和米勒德·迈斯出版了日工作量的现场调查结果，画面灰泥［intonaco］块是圣方济各湿壁画画家们各工

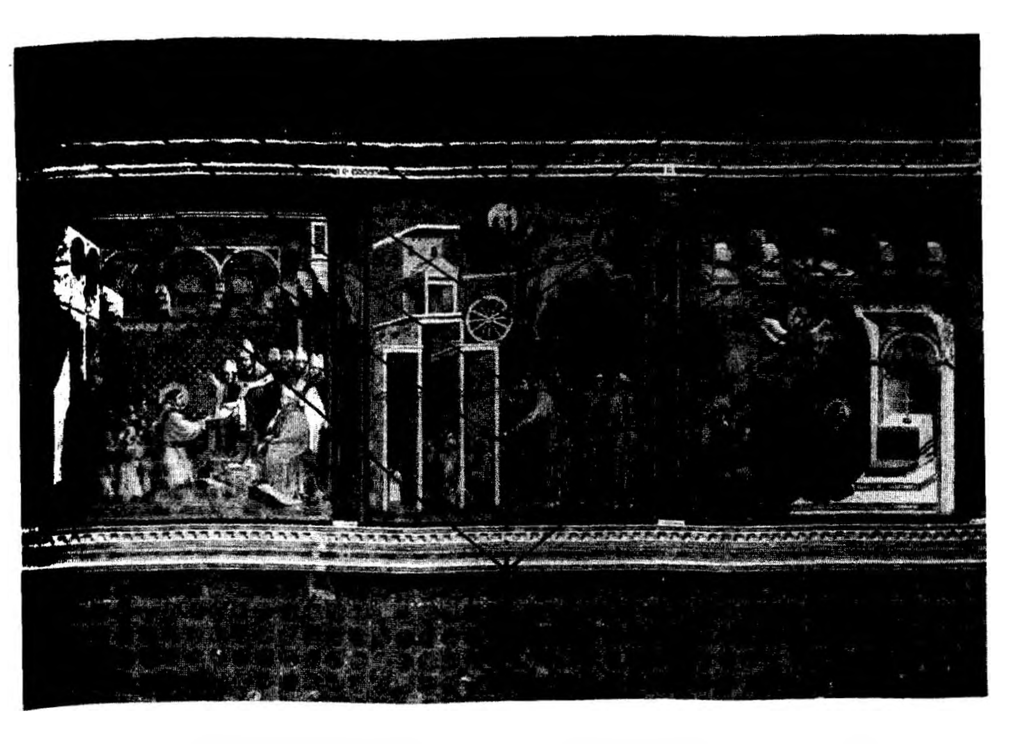


图2-8　阿西西的圣方济各圣殿的高教堂，第二飞檐边饰的透视重构，13世纪90年代

作日积存下来的。[1] 他们能够辨别出这些泥块，是因为每当艺术家为日工作面涂抹新泥，他总会留下“缝合”的痕迹：前日工作期间所完成的区域与将要涂抹的新灰泥之间略微凸起的脊。廷托里和迈斯的图解显示，上部所有28幅圣方济各的故事（有着飞檐边饰、镶板底面的灰泥块与四个开间两侧与入口墙壁上的柱头），都是单独的日工作量内绘成的（图2-9）。这些灰泥块没有延伸到下部场景的主题区域。此外，在每个开间两侧的墙面底部，类似的单独日工作量也保留在绘制框架底部上，带有连续齿状的虚构挑檐也与头顶檐口的透视基本吻合。

不难推断，每个开间场景上下方的透视错觉边饰结构，都需要某种特殊

1　迈斯（2）。

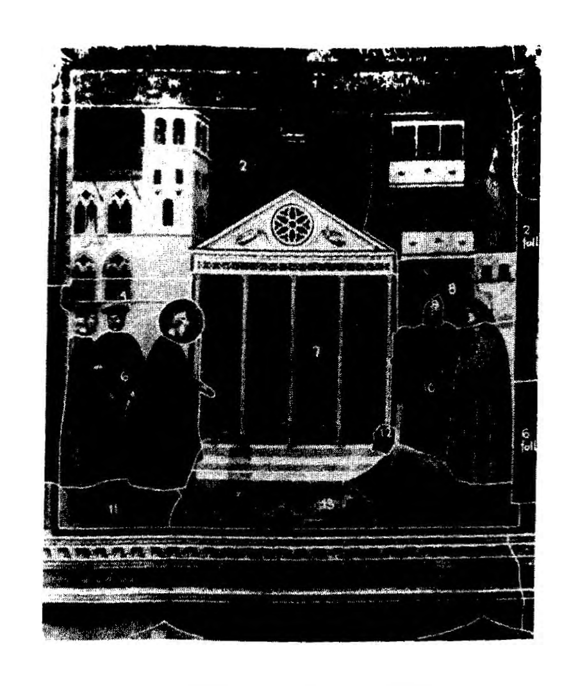


图2-9　日工作量的重构，场景I，圣方济各湿壁画系列，
阿西西的圣方济各圣殿的高教堂，13世纪90年代

的技术流程。如将紧绷的细绳固定到位于各开间墙壁底部中心的某种斜接装置上，从而使飞檐托檐口、镶板、柱头和挑檐齿状装饰的交向角相互关联，且直到装置被移开，都不会再有灰泥施加到墙面上。由于这是我们首次在中世纪艺术中发现这种一致的焦点透视系统，我们可以假设某位艺术家完善了一项特殊技法，设计并保持整个系列画母题的工作是他个人的职责。[1]

至少有两个合理的理由让我们相信整个边饰的设计出自一人之手，不同于下方那些故事画的设计者。最令人信服的是，这一设想有助于解释为何边饰透视基本保持一致，而有人物场景的透视却是多样的、不相关的。其次是

1　有关阿西西《圣方济各生平》组画边沿框上焦点透视系统的新颖性，见斯马特（I），第11—17页；贝尔廷［Belting］，第107—122页；以及博什科维奇［Boskovits］，第31—41页。确实，桑德斯特罗姆［Sandström］所述（错误地）如此与众不同，他认为边框“以正确的文艺复兴透视重新绘制过”（第22页）。

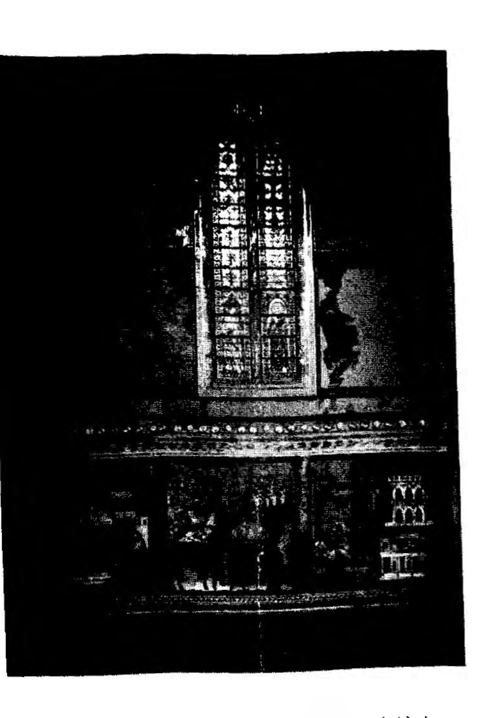


图2-10　开间A，右墙，阿西西的圣方济各圣殿的高教堂，13世纪晚期



图2-11　开间A，左墙，阿西西的圣方济各圣殿的高教堂，13世纪晚期

60

这一事实，尽管不同开间边缘的飞檐托饰的布局各不相同，每个开间两侧的飞檐托饰却几乎一模一样，再次暗示绘画的次序不同于故事的次序。无论这位神秘人物是谁，此后我们将称之为第二飞檐边饰大师［Master of the Second Painted Modillion Border］。

63

我们来看看开间A右手边（当我们面对祭坛）低层中殿的墙面，最靠近十字形耳堂的墙面，这里我们看到《圣方济各生平》(图2-10）的最初三个故事。美术史家普遍认为，这些场景连同同一开间左墙上的最后三幅画作（图2-11），是出自同一画家之手，可以确定不是乔托的，但也难以从其他湿壁画上追根溯源。[1]

1　许多学者声称这位画家是匿名的“切奇莉亚大师”［Cecilia Master］，如此命名是因为他现藏于佛罗伦萨乌菲齐美术馆的嵌板画描绘的正是那位圣人。见斯马特（2），第25—26页。

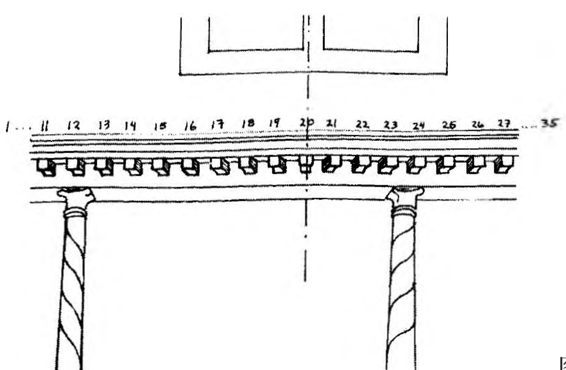


图2-12　右墙开间A的透视重构

美术史家还一致认为，“第一日”就位于开间A右墙的某处。还有个一致的意见是，绘制工作大约沿着顺时针方向围绕中殿展开，最后再回到开间A，由此最后的场景便绘于左墙。通常的惯例还规定每个开间的湿壁画应当从一个单层脚手架集中绘制，从高处开始。窗间壁［piers］之间的木板会随着工作进度降低，不同的日工作量便并列在每层上。

无论每次脚手架上有多少画家，毋庸置疑只有一人负责规划环绕中殿一个个开间的错觉手法边饰。似乎还可以断定，没有统一的“模板”用于装饰这个檐口。正如我们将会看到，各开间彩色飞檐托饰处理的多样化，表明测量工具（不论它是什么）得不断地重新设定。此外，每个开间相对的墙面近乎镜像，表明我们的大师由于地位高于实景画家，可能规划了两侧的边饰，从而在转向下个开间前完成了整个开间的上层檐口。

无论如何，我们即刻就能注意到开间A内的虚构飞檐托饰依15世纪单点透视法汇聚于单一的中心焦点上。我们将看到这一“焦点飞檐托饰”［focus modillion］即便绘制“正确”（也即只有前端可见，而没有像契马布埃在后殿稚拙描绘出的不协调倾斜侧面），也根本不在开间的中心（也即在下方三个一组的中间场景的中心上方），而是与从下方与头顶大窗的分割竖框对齐，大幅偏离了中心向右。事实上，我们数出这一开间共有35个错觉飞檐托饰，

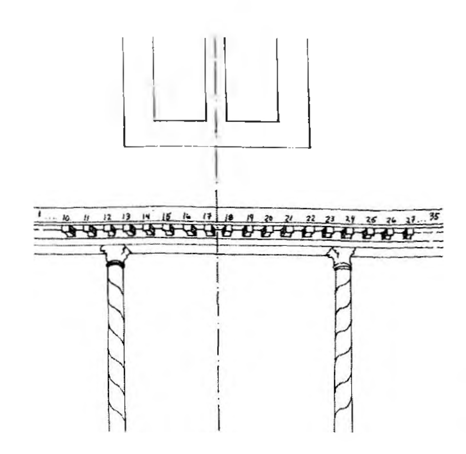


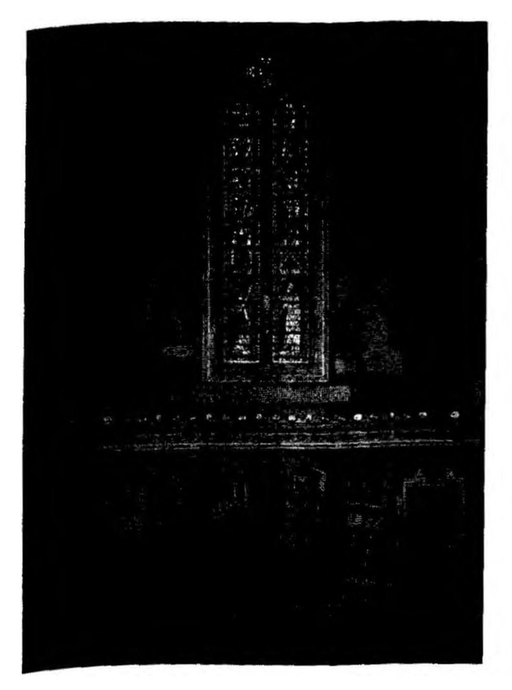
图2-13　左墙开间A的透视重构

其中19个向左倾斜，第20个位于焦点上，15个向右倾斜（图2-12）。不幸的是，灰泥的焦点部分由于受到头顶窗户渗水的侵蚀而被多次重新绘制，原样无疑已失真。[1]　64

同一开间的左手边（图2-11）可以更清楚地看到原本的意图。在此我们注意到天窗也偏离了轴线，虽不及另一扇那么多，还是向左偏离了15厘米，而所绘飞檐托的中心还是与天窗的分割竖框对齐。当我们细数这段虚构檐口上的飞檐托，发现总数与对面一致（35个）时，17个向左聚拢，18个向右聚拢，此处根本未画出焦点飞檐托饰（图2-13）。[2] 在意识到天窗不可能与错觉檐口的飞檐托完全对齐后，画家最终不得不将焦点落在第17、18飞檐托的空　65

1　奇怪的是，开间A这边的窗户位移以及它与下方壁画透视的关系鲜有美术史家注意到，如发表于约翰·怀特权威著作（1）第134页的示意图中，错误地将这些天窗描绘成居于所有《圣方济各生平》场景上方的中心位置。开间A中窗户起初被置于偏离中心的位置可能与这个事实有些关系，即原本的隔板［*tramezzo*］或圣坛屏横跨这一区域的中殿，不对称地分割了开间A。支撑巨大横梁的托臂柱仍可见于开间两侧，并从场景1和28所绘的天空区域中突出来。

2　尽管这一部分，也即开间A右侧，并没有经过现代修复的证据，但看起来确实像是当初艺术家不能确定中心焦点的位置而造成的。近距离观察飞檐托17周围所绘的表面，可以看出他改变了想法，起初想以此为中心，后来又重画它偏离中心，而将焦点落在飞檐托17与18之间。需要进一步指出的是，出现在开间A左右两侧突出飞檐托1的错觉托架似乎是这样设计的：各事例中焦点与檐口并不对齐，而是聚集于[illegible]个场景之上；[illegible]部所绘的阴影线的焦点也是如此。



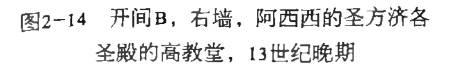


图2-14　开间B，右墙，阿西西的圣方济各圣殿的高教堂，13世纪晚期

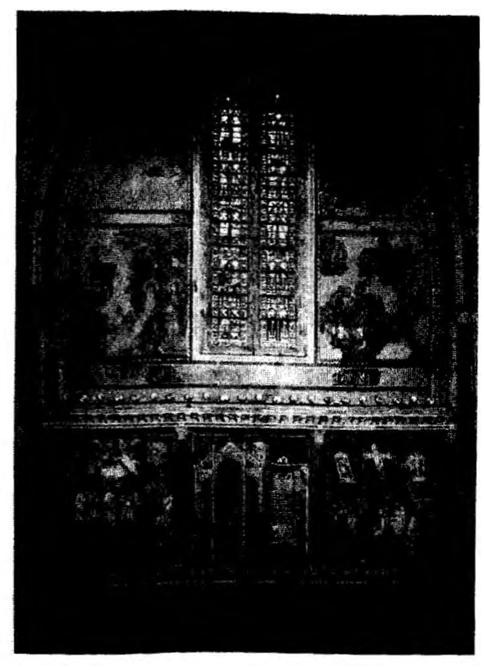


图2-15　开间B，左墙，阿西西的圣方济各圣殿的高教堂，13世纪晚期

白区，下方中间那幅湿壁画中心的左侧，但恰好位于上方天窗竖框的下方。[1]

如果我们将视线移至入口方向的开间B，我们看到两边檐口飞檐托饰的焦点直接落在居中天窗的中心竖框的下方，两边墙面中间壁画的正中心上方（图2-14和图2-15）。开间C也同样如此。开间B和C两侧的虚构檐口都有33个飞檐托，第17个总是焦点飞檐托（图2-16）。[2]

当我们进入第四个也是最后一个开间D时，我们面临不同的情况。三幅有关圣方济各生平的场景再次绘于两侧相应的开间，但在入口方向留出数米

1　特别感谢阿西西圣修道院［Sacro Convento］神父杰哈德·鲁夫［Gerhard Ruf］有关这些方面的慷慨帮助与有益建议。

2　在开间B和C的右侧，焦点飞檐托（每个案例中的第17个）稍稍靠左。在相同开间的左侧，焦点飞檐托又稍稍靠右。

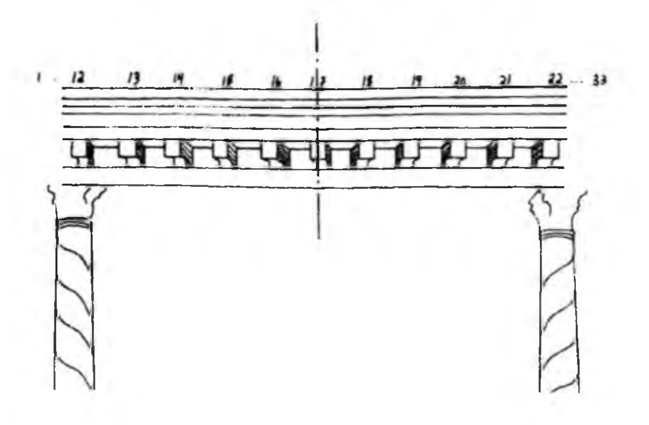


图2-16　右墙开间B的透视重构

的精确空间，以便两侧绘上另外的湿壁画（图2-17和图2-18）。尽管天窗精确地位于相应的开间内，它们相对于下方绘图的墙壁偏离了中心。[1] 我们的大师因而决定让飞檐托透视焦点不再与窗户而是与壁画框本身的中心对齐；即将中间的飞檐托绘于将四个故事分开的五根图画圆柱的正中心（图2-19）。[2]

在分析第二飞檐托边饰大师试图通过不同的透视准线来完成任务之前，我们需要停下来思考《圣方济各生平》的画家们是如何处理边饰下方各个场景的透视问题的。关于这些湿壁画超前的错觉手法前人多有所述，明暗法赋予画面非凡深度感和突出体量感，犹如浮雕。[3] 欧文·潘诺夫斯基［Erwin Panofsky］将这卓越的类雕刻成就与他那个时代德国心理学家所谓的“心理生理空间”［psychophysiologischer Raum］相比，即对象无须符号（神秘的或是数学的）系统便能被经验地感知为三维体量的视觉感知状态。心理生理空间

1　怀特的示意图再次出错；见怀特（1），第134页。尽管他指出开间D中窗户的正确位置，但它错误地显示了下方场景与这些窗户的关系。

2　在开间D右侧墙壁我们的大师绘制了46个突出的飞檐托，23个靠左，23个靠右，焦点再次落在了二者之间的空间。而飞檐托23直接与下方壁画带所绘的中心柱对齐。在开间D右侧他绘制了同样数目的飞檐托，这次焦点在飞檐托24上，位于分割场景的中心柱正上方。

3　参见约翰·怀特（3），第33—56页。

图2-17　开间D，右墙，阿西西的圣方济各圣殿的高教堂，13世纪晚期

图2-18　开间D，左墙，阿西西的圣方济各圣殿的高教堂，13世纪晚期

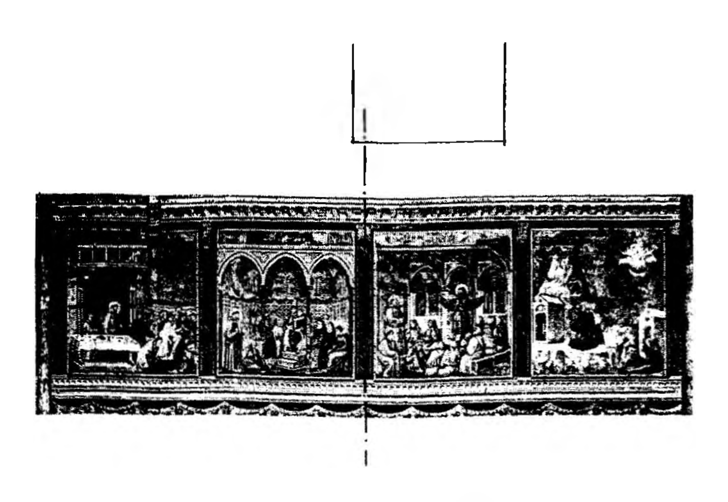


图2-19　左墙开间D的透视重构

属于直接感觉经验的范畴，既非无限的、各向同性的，也非同质的。由于人类眼睛判断远距离的能力有限，月球在心理生理空间中不会被感知为数十万英里外的巨大球体，而是一个餐盘大小的物体，若是落下的话，会落在观察者的百米范围之内。[1]

69

无论我们是否赞同心理生理空间准确地描述了阿西西湿壁画经验的错觉手法，毫无疑问各画作的透视方法依然稚拙；也即缺乏统一的几何体系，并将散点与焦点图示混杂在一起。如每个开间组合内，所有场景中的错觉对象都没有与汇聚的飞檐托和环绕边饰的齿状装饰所暗示的中心视点相关联。甚而故事中所绘光线的不同方向，也没有注意到利用统一的正面光照来塑造虚构边框的建筑结构。[2] 换言之，在我们的大师为各开间边饰所定的中心焦点与《圣方济各生平》各场景所选用的透视之间似乎没有任何关联。

70

那么是否有可能，我们今天所认为走向"正确的"透视错觉成就的必然步骤，并不是（至少一开始不是）我们的大师设计他本人焦点透视的驱动

1　坦恩·德斯恰特［Ten Doesschate］，第63—66页，以"视觉空间"一词来描述同一现象。

2　迈斯（3），第49—51页。

71 力。事实上，一开始他将虚构的檐口和大窗竖框对齐，表明他仍将这一图式仅仅作为装饰性地展示有肋开间墙壁上垂直和水平方向的建筑元素的另一方式。[1] 尽管他及其同行希望观众想象着《圣方济各生平》故事位于舞台似的古典“壁龛”内，显然他们还只是将所描绘的场景本身当作舞台背景。[2]

莫非在此我们有了一个联合思维的余例？我认为爱德华·格兰茨［Edward Granz］关于12世纪前哲学和神学思想的分析，也普遍适用于中世纪艺术家的视觉。72 在他的心目中，似乎契马布埃在使用传统而稚拙的符号来表示图画错觉之际，即便它们与我们现今视为普遍的视觉经验不相符时，也没有看出任何不协调处。基于同样的理由，契马布埃的同辈与直接继承者都未察觉《圣方济各生平》故事不同的透视法与边框间的不一致。如今，很容易看出这种不一致，并批评那些发现不了的早期画家。当然，我们现已知道随后所发生的，因而能很快意识到真正的透视法创新者如第二飞檐托饰大师的贡献。我们在方法论上的错误是，假定这位大师因为某种原因而非已确立的装饰理由来做出选择。

诚然我们无法证明，他可以预知古典透视法的重新使用，将会颠覆装饰性、平面墙体建筑绘画的传统图式。因此我们必须假设，至少当他第一次接受委托时，他很可能与契马布埃一样习惯了看不透的表面与错觉主题之间的联合关系。然而，当我们仔细观察他绘制的框架，随着它的布局一个开间一个开间地环绕教堂时，确实注意到某些变化。我们这位第二飞檐托饰大师正处于分离性地改变其心理感知的进程中。

这位艺术家开始感觉到，其装饰性汇聚飞檐托，使它们看起来像是从灰泥表面延伸出来，但同时也引起深度后退的错觉。事实上，他可能是古代以来首位有这种意识的画家：当画框在结构上与他所处的建筑空间有某种关联时，图画会怎么样？这种图画中的物体突然地显现出置于三维空间中，由平面向另一边的虚拟空间延伸。且无论观者位于哪个房间，这些绘制的物体

1　如贝尔廷所指出的（第110页），这位画家似乎激发了“墙平面与局部空间之间的戏剧性对立”。

2　在每个场景周围绘有两个非视错觉的平面着色带，这进一步质疑了虚构的建筑框原本用来制造窗户效果的可能性。关于这一点，显然也源自古代壁画，见本顿（1），第131—133页。

看起来不只越出了封闭的画框，而且与画框及其他物体间保持着一定的距离。只要在心目中能想象自己处于画框周边的垂直方向上，人类的视觉系统总是能从任意视点推断出透视投影的中心。[1] 知觉心理学家迈克尔·库伯维［Michael Kubovy］称这一普遍现象为透视的“稳健性”[2]。

人类的视觉感知总是需要更强烈的刺激。无论错视画的性能如何惊人，其欲望总是难以餍足。若是巴赫的圣歌调绝不会让耳朵受不了；不断地凝视视觉幻象，即便著名如安德烈亚·波佐［Andrea Pozzo］的罗马圣依纳爵堂天顶画这样的巴洛克杰作，也会很快让眼睛生厌。[3] 基于这种原因，文艺复兴时期画家觉得有必要创造更为精妙的透视发明［invenzioni］。他们不敢像中国和穆斯林艺术家那样，依靠自身的能力巧妙处理可靠而真实的程式。就图画透视法而言，西方文艺复兴时期画家们从未被要求立新。我们今天难以体会13世纪观众对阿西西湿壁画做出了什么样的反应。我们还是可以想象，当时的观众此前从未见过错觉手法的画作，会惊叹于其透视的稳健性，即便没有一个场景的透视能与画框的整体中心投影相一致。让我们追随第二飞檐托饰大师的足迹，观察他是如何独自地发现了焦点透视的错觉优势。

我们已注意到在开间B中，这位大师已对建筑法上让画框结构与教堂内景的对称性相应感到不满。如当他为开间B中右墙虚构的檐口测量空间时，他发现需要比开间A少几个飞檐托，他意识到正中的飞檐托对应于上方窗户竖框时，需稍偏离中心。因此，他将这个飞檐托画成了像是视点向右偏离几厘米时观看的样子，以弥补中心的偏移（图2-16）。同样的超前透视法也运用于开间C中。

在开间D中，这位大师最终决定其画面的透视错觉应整体上从平面建筑墙体的装饰设计中分离出来。正是他似乎最终意识到飞檐托檐口的焦点还表明了观者站立的位置，因而开间的所有壁画才最利于观看。在图2-17和图2-18中，

1 文艺复兴艺术理论家如莱昂·巴蒂斯塔·阿尔贝蒂及莱奥纳尔多·达·芬奇主张，观众采取画家作画时同样的视点。同时参见贡布里希（4）。

2 “为了看见世界，我们必须感知到窗户。”库伯维认为。见其著作第52—103页。

3 皮雷纳（3），第81—84页；库伯维，第43—44页。

我们还注意到开间D的两侧，画家在实际的突出小柱正上方绘制，无视柱身凸面的干扰而继续他本人独创的透视错觉技法。

而当这位大师回过头来规划各开间底排的齿状装饰时，他再次决定将其焦点置于轴线上，中心场景在上，尽管这与开间A中位于上方檐口的飞檐托偏离中心汇聚点相抵触。

最后，入口处墙壁（图2-20）给第二飞檐托饰大师提出了一个特别的难题。这也是他的才能明显区别于那些著名前辈之处。契马布埃的发散透视画面显眼地位于后殿对面，挑战了装饰入口处的艺术家。我们这位大师在入口上方设计出奇妙的多边形飞檐托檐口来回应，由两根伸出的巨大托臂支撑着，犹如压轴戏来强调其焦点透视法。结果是令人惊叹（甚至令人难以置信）的建筑错觉。在我看来，它是大师不断实现他在阿西西所为的巅峰之作。与契马布埃的后殿作品相比，这个画面显著的视觉效果胜过千言万语，集中体现

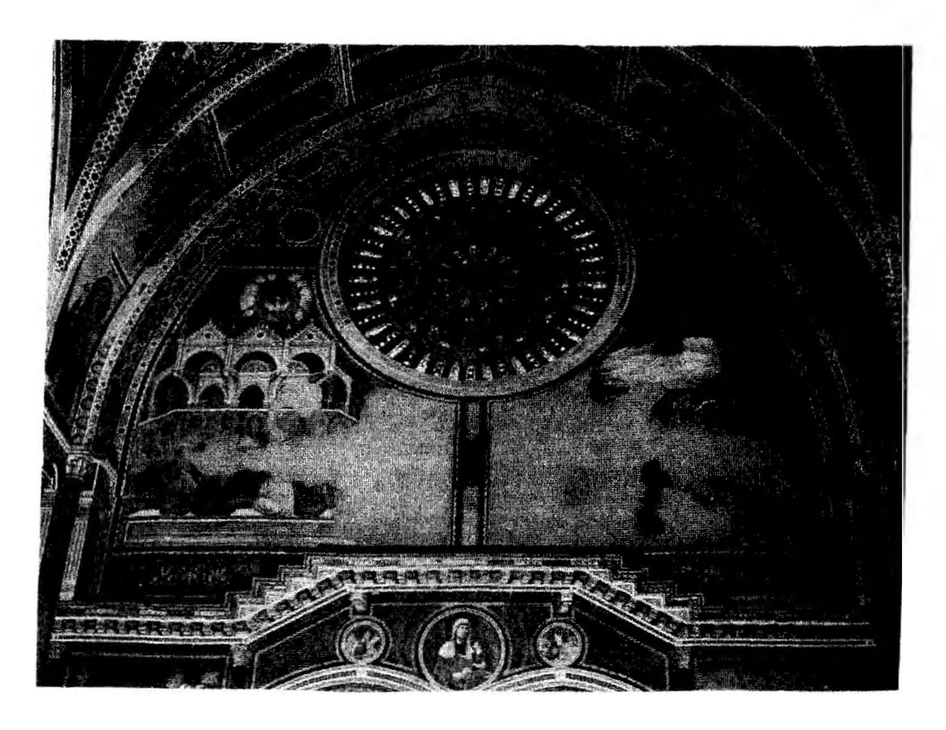


图2-20　入口墙面（局部），阿西西的圣方济各圣殿的高教堂，13世纪晚期

了13世纪末阿尔卑斯山南北美术中普遍而明显的图画转变。

这也许是自古典时代以来的首个事例，画家根据实际的视觉现象的经验分析有意识地描绘视错觉，而非仅仅依照先前的程式复制其效果。即便某幅古画起初启发过他，我们的第二飞檐饰大师像罗杰·培根那样，特别有志于亲自研究自然界中的光学效果。

因此，在阿西西绘制圣方济各系列作品的所有艺术家中，他是最具革命性的一位。他的错觉三维画幅比所画事物本身更为生动。此外，他的应用性知觉发现快速转化为文艺复兴时期的认识，即几何"对称性"［*commensuratio*］（皮耶罗·德拉·弗朗兰切斯卡［Piero della Francesca］后来所称的）意味着绘画中的高贵与道德尊严。长久以来，这被证实为阿西西的真正图画内容。它随后影响了马萨乔［Masaccio］、安杰利科修士［Fra Angelico］与平图里基奥［Pintoricchio］，这三位15世纪画家借鉴了大师的框架概念（即便其透视与框内场景相分离），并在随后两个世纪里运用于他们本人的艺术中。[1]

尽管如此，正如我一直坚持的，第二飞檐边饰大师起初并不清楚他的艺术所具有的特质。他的灵感与罗杰·培根一样源自感知心理学，因12世纪传播的意识而加剧，这种意识认为欧几里得的立体几何法则在某种程度上等同于精神信仰。契马布埃与我们这位大师在阿西西赞助人的激励下，都确信古人原本理解这种关系，尽管他们将其应用于错误的宗教上。这些艺术家们相信，是现代基督徒再次发现了这些古老的法则，并再次将它们奉献给"唯一真实信仰"［One True Faith］更大的荣耀与胜利。

76

我无法证明我们这位艺术家是否也绘制了一些《圣方济各生平》的人物场景。同时，我也没有理由排除这种可能性。我也不敢明确地声称第二飞檐

1　可见于佛罗伦萨卡尔米内圣母教堂［Santa Maria del Carmine］中马萨乔的布朗卡奇礼拜堂［Brancacci Chapel］湿壁画（1423—1427）；佛罗伦萨圣马可修道院［San Marco Convent］走廊上安杰利科修士的《圣母领报》（1440—1450）；以及锡耶纳大教堂［Duomo］中平图里基奥的皮科洛米尼［Piccolomini］图书馆湿壁画（1503—1508）。

托饰大师就是乔托。但这难道不是个合理的推断吗？尽管到目前为止，学者还未能将乔托的风格与其中任一场景联系起来（也即没有多少同人的论证），那位伟大的佛罗伦萨人想必属于被急切招往阿西西的那些天才大师之列。若是到目前为止风格分析未能证实乔托在场，那为何不考虑透视几何学的证据呢？

确实，在中世纪晚期美术史的另一事例中，我们将看到相同表现的空间投影，毫无疑问是乔托之作：他于1305至1306年间在帕多瓦的阿雷那礼拜堂［**Arena Chapel**］绘制的系列壁画《圣母与耶稣生平》［*Lives of the Virgin and Jesus*］。[1] 从中我们可见与阿西西相同的经验性感知的汇聚透视模式，这里古典的齿形边饰绘于阿雷那礼拜堂两面长侧墙的灰色装饰条上方（表现了美德与恶习的化身）。只是这一次，错觉画面的构成像是从礼拜堂正中的单一固定视点来观看的。汇聚系统是通过正面描绘的两组齿状装饰来表示的，每组分别位于礼拜堂两侧、《公正》［*Justice*］与《不公》［*Injustice*］的中点上方（图2-21）。此外，这块边饰虚构的光亮仿佛是从入口上方的三重窗户照射进来，因而与所有叙事性场景的明暗法相一致。

尽管相较于阿西西的作品，乔托个别绘画的框架较少独特的建筑特征，但他明显地希望观者想象自身大致位于礼拜堂的中心，穿过封闭的墙壁孔口而看到另一面一系列虚构的舞台般空间（图2-22）。[2] 此刻他会充分享受到阿西西大师们仅隐约实现的方面：图画故事的戏剧性效果，当人物不只是绘在

---

1 多位学者（贝洛西，第16—17页；贝尔廷，第172页；博什科维奇，第31页）都提出阿西西的焦点透视母题与佩鲁贾市政厅［Palazzo dei Priori］公证处［Sala dei Notai］一幅同样的装饰画之间的相似性，后者归于某位法尔内托大师［Maestro del Farneto］名下（约1293—1297）。问题显然在于哪幅作品在先。博什科维奇和贝尔廷认为这两个事例属于同一时期但相对独立，且都源于某个共同的古罗马原型。贝洛西相信阿西西的边饰创作在先，确定是乔托所绘，没有任何古代先例，“乔托有意识地在飞檐托饰带中将其合理化成真正结构准确的建筑系统，而改变了契马布埃的母题”。无论如何，公证处边饰的焦点透视并未显露任何我们在圣方济各上教堂中注意到的经验性调整。它更是机械地描绘，像是那位画家仿自某件他没有完全理解的范本。而且，它原本只是作为支撑房间的实际拱顶上的装饰图案，而非像在阿西西一样，作为框住综合体的门廊［stoa poekile］一部分。

2 见怀特（3），第57—71页，精辟地分析了乔托在阿雷那礼拜堂的透视意图；同时参见桑德斯特罗姆［Sandström］，第21—27页。

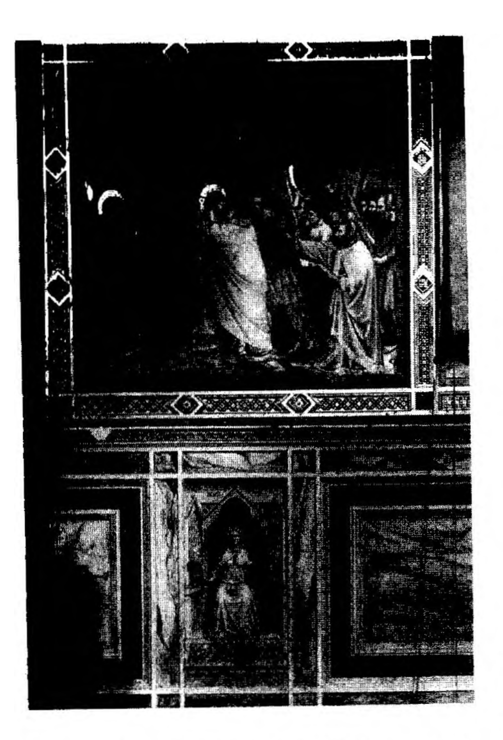


图2-21　右墙，帕多瓦的阿雷那礼拜堂，1306年

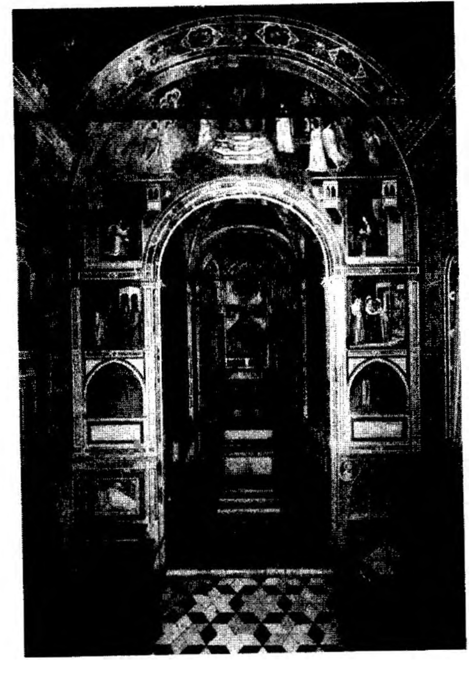


图2-22　通向后殿的内景，帕多瓦的阿雷那礼拜堂，1306年

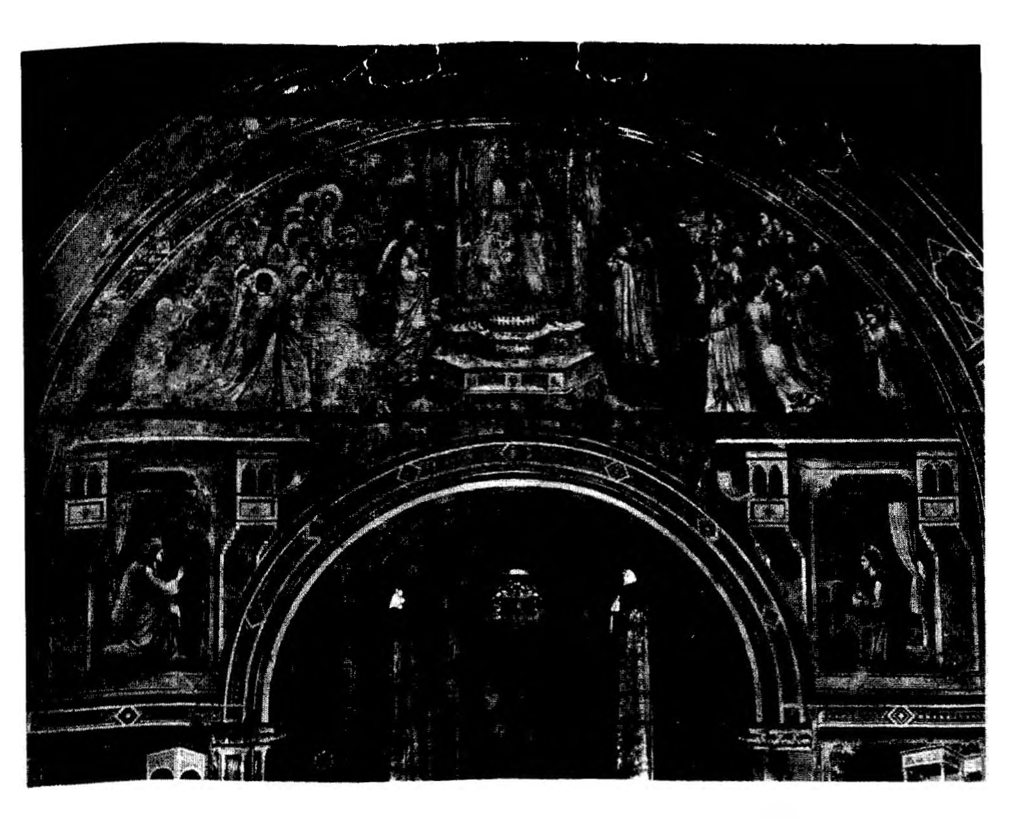


图2-23　乔托，《圣母领报》，帕多瓦的阿雷那礼拜堂，1306年

墙面上而且是“穿透”它的时候，如同后退的舞台般壁龛中的雕塑。[1]

即便明显地以较落后的［retardataire］发散透视设计，乔托在阿雷那礼拜堂最有力的作品是横跨教堂后殿前凯旋门两侧上的《圣母领报》(图2-23)。无论如何，我们还是感觉到加百利和圣母马利亚分别跪于其中的两座绘出的建筑物，与下方所绘的框架相重叠，以至我们得出这样的印象，即这些构造都在外面，超出了阿雷那礼拜堂的墙壁。然而，赋予壁画如此非凡的错觉生动性的是人物旁边悬伸的遮板［*sporti*］，连同突出的旗杆，看起来像是显著

1　希尔斯，第41—61页。

地凸起于墙壁前，近乎在观者头顶飞舞。[1]显然乔托牢记他的师父契马布埃如何在阿西西取得类似效果的，并有意地在这些细节中运用了发散模式，以增强观者向前延伸的感觉。[2]

同一凯旋门墙面上，乔托还绘制了另一错觉艺术杰作，这次全部采用汇聚透视（图2-22）。《圣母领报》往下两格，他模仿侧面的十字形翼部，设计了一对空荡的哥特式小室［coretti］或隐秘礼拜堂。显然他意在二者所绘的尖拱框架，似乎在错觉建筑空间中延续了拱肋结构。这也许是将在随后所有文艺复兴绘画中最流行的透视绝技的第一幅后古典范例：这一错觉，即图画四周的画框不仅在观者实处的空间中是固定的，而且与虚构空间中所绘的想象结构融为一体。[3]

乔托精湛的透视法稳步获得意大利艺术家的青睐。而直到15世纪中期，它才发展成为被普遍接受的一套根据自然［*al naturale*］来描绘的规范。而直到17世纪，这些规范最终取代了过时的图式，这些图式仍被专业工程师和科学家绘于几何学教科书中。

有趣的是，爱德华·克朗兹主张，伟大的彼得拉克本人展示了非凡的文学想象力，与乔托独一无二的错觉艺术相辉映。这位托斯卡纳的人文主义者，近乎画家的同时代人，同时也是奥古斯丁著述的忠实信徒，但他觉得与心仪的古先贤并不一致。在他写于1342至1343年间（1353至1358年间有修订）的著

1 在凯旋门两侧绘制《圣母领报》的想法（加百利在左，马利亚在右）相当传统，可追溯至拜占庭早期。乔托只是根据他的透视错觉新概念而更新了这一传统场景；见埃杰顿（3）。

2 1328年，在他位于佛罗伦萨圣十字大教堂［Santa Croce］巴龙切利礼拜堂［Baroncelli Chapel］的《马利亚生平》［*Life of the Virgin*］组画中，乔托最亲密的追随者塔代奥·加迪［Taddeo Gaddi］，借鉴并更新了其导师的帕多瓦《圣母领报》的常规构图（将其与《圣母往见》［*Visitation*］相结合，并将圣母马利亚移至左侧）。尽管如此，他觉得有必要忽略乔托的发散透视而代之以当时更易于接受的焦点法则。这是个具有启发性的事例，一位不那么重要的艺术家，为迎合传统潮流而有意地成为不合常规的后进者时，如何牺牲了伟大艺术家所取得的那种品质！见詹森-拉帕尔姆［Janson-La Palme］，第286—301页。

3 见存于锡耶纳歌剧博物馆［Museo dell'Opera］内彼得罗·洛伦泽蒂［Pietro Lorenzetti］的《圣母诞生》［*Birth of the Virgin*］三联画（1342）；佛罗伦萨新圣母马利亚教堂［Church of Santa Maria Novella］内马萨乔的《三位一体》［*Trinity*］湿壁画（1452）；与伦敦国家画廊内安东内洛·达·墨西拿［Antonello da Messina］的《书房中的圣杰罗姆》［*St. Jerome in His Studio*］等等。

作《秘密》[*secretum meum*] 中，彼得拉克假想着在与真理化身的奥古斯丁展开一场对话。在第一篇对话中，他们讨论了彼得拉克对死亡的恐惧，而奥古斯丁力劝他将思想从感官提升到精神的更高层次，然后让纯粹的理智之“眼”集中于濒死的身体细节上。当然，后续讨论与那位真正的圣人关系不大。而奥古斯丁若是真的说话，他一定会评说精神之眼只能看见永恒的可理解物，而非生动想象的可感觉物。如在他的《真正的宗教》[*De vera religione*] 中，奥古斯丁以赞成的口吻引用了著名的圣经箴言（《罗马书》1:20）：自创世以来，神的不可见事物借着所造之物，就能看得明白。[1]

彼得拉克的伪奥古斯丁观点让精神之眼与理智相分离，至少足以让他看清，他以一定的身体强度所想象的内容，从未发生在真正的希波主教身上：

> 随意听闻死亡的名字或草草记起死亡的事实是不够的。每个人都应当萦绕心头，深切沉思垂死之人的种种。忍受极寒，高烧热汗，濒临死亡时的痛苦痉挛，哀恸而深陷的眼窝，泪流不止，苍白憔悴的额头，松弛下垂的脸颊，参差失色的牙齿，凹陷变狭的鼻孔，嘴角起白沫，舌头沉滞生苔，上颌焦渴干裂，头垂气喘，呻吟悲叹，全身气味令人掩鼻，而整张脸孔尤让人惊惧。

而彼得拉克如是回应：“……我竭力想象着死亡的来临，心中感受着种种恐惧，置于濒死的痛苦中，我仿佛亲见地狱以及你提到过的所有罪恶。”[2]

看来似乎彼得拉克不只心目中有死亡的幻象，还有可能出自14世纪该主题绘画的真实图像，诸如位于帕多瓦阿雷那礼拜堂后殿对面入口墙面上的乔托的《最后的审判》。正如克朗兹指出的，鉴于奥古斯丁将“用心看见”视为一种智力提升，从感觉感知的实体中提炼出上帝不可见特质的纯粹形式，彼得拉克要求其心灵之眼、他的“内在自我”，虚构一个全然可感的空间，

1　克朗兹，第11页；译自奥古斯丁。

2　克朗兹，第12页；译自彼得拉克，1，58。

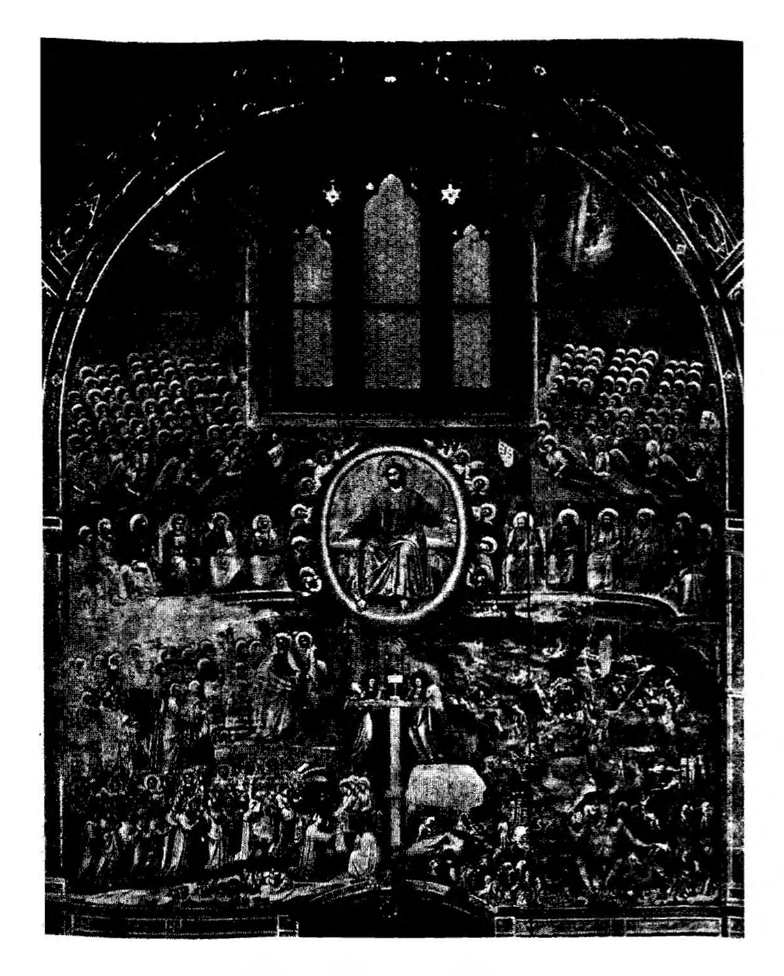


图2-24　乔托，《最后的审判》，帕多瓦的阿雷那礼拜堂，1306年

一个内心想象的世界，由外部相同的生理感觉所激发，但将它们重构成对于想象力而言独特的形式。

让我来为《秘密》设想一续集。这次我假定彼得拉克的真理女神（依我本人有偏见的分离性观点，尽可能多地推导出她）见证了14世纪作者与乔托之间就阿雷那礼拜堂壁画主题进行的一场对话。我的情节这样展开，年轻作家和年长画家站在建筑物中间，凝视着后者入口墙面上的巨制《最后的审判》（图2-24）。

“神乎其技，”彼得拉克评论道，“是您，大师乔托，绘制的这一场景如此激发起我的想象力。在此我不只以心灵之眼还以头上的肉眼注视着最后的审判日，仿佛我已在来世。阁下如何能创造出如此生动的图画？”

乔托答道：“弗朗切斯科先生，我相信万能的主，创造我们所有人的雕塑家，宇宙的画家，地球的建筑师，根据与我们尘世画家在卑微的职业活动中试图习得的相同的欧几里得原理创造天堂和地狱。尽管活着的凡人也许直到最终站立审判台前，才明白神圣几何学的真正含义，但此时此地我们至少已略有所知。在尘世物质的可感形式中，我们的圣父有意显露给我们的，只是天堂与地狱面貌的些微提示。因此，如果你们演说家坚持让我这位谦和的画家在来世的乞灵中帮助你，那么我就尽可能依你在这个世界所见的样子来描绘另一个世界的事物。”

“注意我在上方角落处画的两位天使，仿佛她们会将墙面卷成一个巨大的卷轴，如同剧院的幕布，在你眼前展现的是原动天［*primum mobile*］外璀璨的天堂盛景！往下看我所绘制的地狱之路，像钻进黑暗世界的隧道，仿佛你向下望去就会看见撒旦的恶魔在惩罚被打入地狱者。”

“这多源自我多年前从阿西西的同行那学会运用的所有艺术技巧，这样你会认为得站在恰当位置来欣赏神圣故事［*istorie*］。圣人们栩栩如生，像是要从墙后走出来。你还记得著名的阿佩莱斯［Apelles］曾如此逼真地描绘亚历山大的手，像是要从图画中伸出来吗？你还记得宙克西斯［Zeuxis］曾如此自然地描绘一串葡萄的光影，以至鸟儿飞向墙面去啄食吗？”

彼得拉克颔首称是，而乔托继续说道：“弗朗切斯科，让我们来看看《救世主耶稣生平》［*Life of Jesus Our Saviour*］的下一幅，尤其是他遭受酷刑后下十字架的那一幕（图2-25）。你是否注意到我如何画出众多天使［angioletti］在空中飞行？是的，在空中是正确的表达，因为我想让你相信这些人物周遭的蓝色是礼拜堂外实际的天空。我的小天使们像鸟儿一样飞过天空，而你也



图2-25 乔托，《哀悼基督》，帕多瓦的阿雷那礼拜堂，1306年

许会想着她们会穿过墙面落在你身旁。”[1]

乔托停顿了一下，“啊！你笑了！弗朗切斯科。你认为我狂妄自大。如你所言，我怎知那穿行在天国的天使如尘世间的鸟儿一样？顺便问问，你还记得听说过那颗有着让人惊异的尾巴的奇妙星星吗？它在1301年划过我们这座城市的天空。显然这颗彗星（如天文学家称呼的）是天国的信使，她的神圣祝福我们至今尚未参透。而无论它意味着什么，我当时确实画下草图，甚至

1 揭示乔托以前的中世纪艺术家如何看待绘画空间的一个明显证据，可见于维罗纳［Verona］大教堂洗礼池的石质浮雕《逃亡埃及》［*Flight into Egypt*］。这位艺术家所描绘的故事中，主要人物宛如身处建筑凉廊下。他还想表明一位报信天使正从空中向他们飞下。为了更有说服力，他觉得有必要在天使周围刻出一个舷窗般的框架，让观者感觉这个人物犹如从平坦的石头平面中穿过！



图2-26　乔托，《主显节》，帕多瓦的阿雷那礼拜堂，1306年

把它们当作《主显节》|*Epiphany*|中圣诞星的原型（图2–26）。[1]而且，由于天使也是天国的信使，我认为她们必定以同样的方式飞行。于是我为天使们绘制了曳尾华服，在空中呈模糊的绒毛状，就像太空中彗星的尾巴。[2]这难道不恰当吗?”

86

87

“当你站在我的画前，想象一下凭借神奇的透视法，你的视力得以增强。透过一扇窗户，正如透过我的画框，你即刻会注意到这些相同的天使在天球上方她们自身的适当环境里嬉戏。年轻的先生，她们有别于我在此试图表现的么?”

此时此刻，我的思绪已逃离潘多拉的盒子，天马行空。我甚至设想乔托从培根的大氅下拿走他已泛黄的透视法手稿，并将下面这段话引证给彼得拉克：

> 毫无疑问，这世上事物的全部真相都以字面意思存在着，尤其是与几何学相关的事物，因为除非它以图形呈现于我们眼前，否则我们就无法充分理解，也因此在上帝的圣经中，可以由几何图形证实的事物的全部知识都被包含在内，且远胜于仅仅用哲学所能表达的。[3]

1 有关1301年哈雷彗星在西欧出现与乔托的改编，见奥尔森和奥尔森/帕萨乔夫。

2 感谢克瑞顿·吉尔伯特这极其深刻的观察，乔托在阿雷那小礼拜堂的《主显节》中绘制了类似于星辰的尾巴以及飞翔天使的拖尾长袍。

3 培根（4），1:232。

第三章

超自然的几何化：利波·利皮修士的伦敦《圣母领报》[*]

88

福哉，马利亚！在那白鸽翼下，

啊，你低垂着双眼，

何等美丽的容颜！

不过一幅画像，却动人心弦，

这已不是幻象，它太过逼真。

——拜伦勋爵［Lord Byron］，《唐璜》［*Don Juan*］（1819）

当我们谈论西方12世纪后知觉方面的变化时，1425年应视为人类历史上最具决定性意义的一年，因为在这一年（或前后）线性透视首次（至少自古典时代以来）被运用于画家的实践中。[1] 在仅仅一个世纪里，这种几何学的绘

[*] 本章是与利奥·斯坦伯格［Leo Steinberg］合写文章的修订稿："如何这般？对利波·利皮的伦敦《圣母领报》的反思"，第二部分，《艺术与历史》［*Artibus et Historiae*］，16（1987）:25—53。

[1] 一份新披露的文件，标为1413年并由一位15世纪名为多梅尼科·达·普拉托［Domenico da Prato］的托斯卡纳诗人题献，特别提及布鲁内莱斯基与"透视"［*prespettivo*］（原文如此）相关联。基于这份文件，马丁·肯普主张布鲁内莱斯基在这个时间或前后绘制出他的第一幅透视图；见坦图利［Tanturli］，第125页；以及肯普（6），第9页。不过多梅尼科·达·普拉托并未提及图画，仅述及布鲁内莱斯基对"透视"极有兴趣。早在1413年，这个词所代表的本意仅指视觉科学，尚未涉及它在绘画中的应用。

（转下注）

画概念从意大利传播到基督教欧洲的其他地方，并在后来的帝国主义时期传播到世界各地。此前或此后都没有其他观念比之更能塑造西方的心理观，并破坏了西方刚开始接触的所有其他文化的传统观念。自那时起直到20世纪初，西方民族及其所有控制区域都相信视觉“现实”与几何线性透视为同一物。

文艺复兴时期几何线性透视的“重新发现”，它如何受到14世纪画家意图的驱使，佛罗伦萨的菲利波·布鲁内莱斯基如何首次依据几何光学原理设计出，别处已充分讨论过。[1] 在此只需补充一点，布鲁内莱斯基在佛罗伦萨洗礼堂内著名的窥视孔画（现已遗失）中的所为，从数学上认可了乔托及其追随者的试验性成果。换言之，通过调整画家们的经验性透视来适应欧几里得光学几何的“自然法则”，布鲁内莱斯基似乎满足了罗杰·培根的基督教祈求：“啊，神圣智慧的难以言喻之美会发出光彩，无限的恩典会流溢出，若是圣经

（接上注）

其实，直到15世纪末才有文献记载透视与绘画间的特殊联系。无论如何，当时文件将这一专业术语直接与布鲁内莱斯基联系起来的事实支持了我的论点，即这门科学，而非建筑学或测量学，是其著名的洗礼堂示例（图3-6）的基本促进因素。此外，其他证据表明布鲁内莱斯基直到1425年前后才将他新的科学兴趣运用于绘画，当时他显然将该想法透露给了年轻的朋友马萨乔；参看埃杰顿（2），第133页与其他各处。

1　布鲁内莱斯基同时代的传记作家安东尼奥·迪·图乔·马内蒂［Antonio di Tuccio Manetti］在15世纪80年代首次描述了他的线性透视示例；见萨尔曼［Saalman］（1），第42—46页。遗憾的是马内蒂并未解释新的法则［regola］，他声称其主人公根据它创作了现已不存的图画，而自那时起学者便试图推断它是什么。在众多解释中——见肯普（6），第342—345页，有简要评述——如今只有两种受到重视。第一种说布鲁内莱斯基的两幅佚失图画只是西方艺术向现实主义逐渐演进过程中的最后事例，通过某类传统建筑或测量投影的应用累积而来；见克劳特海姆/克劳特海姆-赫斯［Krautheimer-Hess］，第235—253页；约翰·怀特（3），第113—134页；肯普（6），第344—346页；费尔特曼（1），第10—11页。第二种意见（从古典复兴的意义上更具革命性）认为，布鲁内莱斯基受建筑或测量技术的启发不及古代科学的几何光学；见帕龙基［Parronchi］（1）；埃杰顿（2）。布鲁内莱斯基似乎利用了一种此前从未应用于绘画的光学理论，即默认艺术家/观者的视平线必须形成画面的“中心点”，由此地平线在其虚构的景深范围内。在这条地平线（或“中心线”）上所有建筑物和道路的平行的、后退的边缘必然汇聚于一点，正如在经验性视觉中。这一概念起初由莱昂·巴蒂斯塔·阿尔贝蒂在其1435—1436年的论绘画专著中作为美术的科学原理公布。我提出过阿尔贝蒂的新证据实际上反映了布鲁内莱斯基的应用在先，而马萨乔在《三位一体》中重复了这个结构，大多数学者都认为它是早期（如果不是最早的话）直接受布鲁内莱斯基影响的透视范例；埃杰顿（2），第124—143页。菲尔德、卢纳尔迪［R. Lunardi］和塞特尔仔细测量过仍可见于马萨乔湿壁画上的切割线和其他标志，并得出结论（颇有独立见解而同时也明显不了解我本人先前的研究）：马萨乔确实运用了“中心点”原理，而这实际上是布鲁内莱斯基重新发现的“法则”。

中所包含的与几何学相关的那些主题，得以物质形态呈现于我们眼前的话。”

因此，绝非偶然，文艺复兴时期首幅依据布鲁内莱斯基的几何透视法则构成的画作，马萨乔的《圣三位一体》(约1425，图3-1)，表现了所有基督教神迹中最深奥的主题。此后文艺复兴时期的图画现实主义不仅被定义为复制人类的视觉，更展示了上帝恩典惠泽尘世的实际过程。另一15世纪透视图画明显地支持了这一观点：15世纪50年代末利波·利皮修士［Fra Lippo Lippi］为梅迪奇家族所作的《圣母领报》(图3-2)。[1]



图3-1　马萨乔，《圣三位一体》，佛罗伦萨圣母马利亚新教堂，约1425年

在全部圣经故事中，乔托的透视法赋予马利亚神圣受孕最多的错觉效果。事实上，所有文艺复兴时期圣母领报场景的画框，都会被视作进入马利亚私密避难所的窗户，允许观者见证全部基督教神学体系中最撩人心弦的对话。根据《路加福音》1:34—36的描述，加百利那让人震惊的告知后，马

1　国家画廊第666号绘画作品，真人大小（68.5×152厘米），形状与利皮藏于同一博物馆的另一幅题为《七位受封的圣人》［*Seven Enthroned Saints*］相同。两幅作品明显都是受科西莫·德·梅迪奇委托制作，作为拉尔加路［Via Larga］(现为卡富尔路［Cavour］)新梅迪奇宫陈设的一部分。在《圣母领报》中一枚有三片羽毛的钻石戒指，经常与科西莫的孙子洛伦佐相关的徽章题铭［impresa］，被清晰地描绘为将加百利和马利亚分开的栏杆上的错觉雕刻图案。戴维斯［Davies］，第293—296页，敏锐地指出这幅画的创作年代不应早于1499年，洛伦佐的出生年份。他还断言（尽管并不太合理）这幅图画正是为那个时刻而作。在我看来，这幅图画代表了利皮15世纪50年代晚期的风格；与他柏林的《圣母礼拜儿时基督》［*Madonna Adoring the Christ Child*］类似，都是为梅迪奇宫而作。有关年代的进一步论证，见普德尔科［Pudelko］；厄特尔［Oertel］，第41页；以及毕达鲁加［Pittaluga］，第202—203页。简要概述，见马尔基尼［Marchini］，第206—207页。



图3-2　修士利波·利皮，《圣母领报》，约1455年，伦敦国家画廊

利亚问道："我没有出嫁，怎么有这事呢？"天使回答说："圣灵要临于你，至高者的能力要荫庇你……"

具有讽刺意味但又可以理解的是，乔托的经验性透视和布鲁内莱斯基的几何透视越是强化这种特权，艺术家就越是对缓和随后的神秘时刻感到拘束，得体地避开任何关于神圣受胎行为如何发生的暗示性身体解释。加百利福报的传达继续以同样古老而乏味的陈规俗套作为象征，一束金色的光线，与一只飞翔的鸽子一起，通常指向马利亚子宫的大致方向，但从不触及。

乍看之下，修士利波·利皮的画作似乎遵从了这一传统图像志：天使加百利跪在左边告知这一神奇事件；圣母马利亚谦恭地低头坐在右边，接受这一令人震惊的消息；而顶部的上帝之手指引鸽形的圣灵飞向马利亚。

然而修士利波·利皮在这马利亚奇迹的古老象征中加入了新意。利皮画作中一些相关而非凡的绘画特征，也许可适当地与当时流传于佛罗伦萨的几何光学理论相关的文献相比较。而且，这些文献经由利皮的同行洛伦佐·吉贝尔蒂［Lorenzo Ghiberti］（1378—1455）的校注后出版，此人对画家产生过巨大的影响。

正在讨论的细节是称作油面涂金［oil gilding］技法绘出的，即艺术家将一块块金箔固定在画面上，以让亮光漆底凸起。尽管许多涂金已剥落，但它一度熠熠生辉。通过一面放大镜仍能领略这位艺术家的原本意图。一张用侧光拍摄的照片（图3–3）更加清晰地揭示了这些细节[1]：



图3–3　修士利波·利皮，《圣母领报》（局部），约1455年

93

1. 一串重叠的金色光环表示圣灵从画面上方的上帝之手降落到中心的位置，正对着马利亚的子宫，并显现为一只鸽子。

2. 双重的金色点从鸽子头部和马利亚腹部呈扇形交互地散开。

94

3. 马利亚的长袍上有意地绘出一个开口，金色小点在此与她的身体产生了联系。

这些值得注意的细节意味着什么？当然，在平面金箔背景让位于透视错觉后很久，15世纪的画家确实继续使用涂金法为画面作补充装饰。尽管如此，如我们在伦敦的利皮《圣母领报》所见这般安排金色小点，并无先例。那为何没有艺术家敢于以这种装饰手法来想象圣母的神圣受胎呢？若是唯利是图的“修士利波”（作为勃朗宁［Browning］的维多利亚时代肖像）确实对“一

1　这些值得注意的细节直到最近才被观察到，并首次在利奥·斯坦伯格的著述中得到讨论。衷心感谢他与我分享了他的观察成果，并让我的评论与他本人的一起；见斯坦伯格/埃杰顿。还要感谢国家美术馆［National Gallery of Art］科学部主任阿肖克·罗伊［Ashok Roy］让我近距离考察利皮的《圣母领报》并与我讨论这位艺术家的作画方法。最后我要感谢图书馆馆长埃尔斯佩思·赫克托［Elspeth Hector］，让我使用维护部报告以及其他有关这幅图画的相关档案。关于利皮在此使用的涂金法，见普莱斯特［Plesters］/罗伊。

而再地绘制圣人”感到厌倦，那是什么促使他来描绘如此非同寻常的阐释呢？在伦敦的《圣母领报》（他所绘这个主题的十数幅不同精妙版本的最后几幅之一）中，他似乎是从几何光学的方面思考这个主题。

突然有这种想法，也许是因为他本人的职业正受到那门科学的影响。他清楚地知道，光学的主要关注点会从几何学上解释视觉形象如何不受侵蚀地穿过光的媒介，而后在人眼中微缩重现。这一概念新近在布鲁内莱斯基的透视实验中得到了机械应用。因此几何光学为圣灵如何“突然降临”马利亚提供了一个既清晰展示而又不失礼仪的理想原型。[1]

95

所有中世纪透视经典著作的代表性手稿，都流行于15世纪中叶的佛罗伦萨。雕塑家洛伦佐·吉贝尔蒂在其写于15世纪50年代初的《纪事集》[*Commentarii*] 第三书中翻译了许多摘录，或是照抄其他人的意大利文翻译。[2] 我们没有吉贝尔蒂打算怎么处理这些材料的进一步记录，我们也不清楚他是否与艺术家同行分享了这些。无论如何，吉贝尔蒂尤其对罗杰·培根的著作有兴趣，尽管他从未提及培根的名字，只是不具名地称作“透视法权威”[il auctore della prospettiva]。

正如我在第一章提到的，大约在1267年，培根已完成称作《大著作》的长篇概要，其中一个章节（第五部分）题为“透视”[*Perspectiva*]，他还写过关于这一主题的其他小册子，最为重要的当属《种的增殖》[*De multiplicatione specierum*]。[3] 培根不仅融合了有关这一主题古典的、阿拉伯的与中世纪基督教的传统，还引进了一个有趣的概念（他称之为“种”），视觉

---

1 15世纪初如扬·凡·艾克 [Jan van Eyck] 和罗伯特·康宾 [Robert Campin] 这些佛兰德斯画家都把马利亚的神圣受胎比作不受污染地穿过晶体的光，尽管从未比作进入眼睛的光；见潘诺夫斯基（3），1:144，他引用了一首相关的中世纪赞美诗：“当阳光照射玻璃，穿过却未曾破碎，正如纯洁的圣母，永葆童贞。”利皮受益于尼德兰绘画一事经常被提及。在他1440年前后为佛罗伦萨圣洛伦佐·梅迪奇教堂 [Medici Church of San Lorenzo] 绘制的《圣母领报》中，画家在前景描绘了一个盛满水的晶体瓶，显然有着相同的图像志含义；见哈特，第216页。

2 见施洛塞尔 [Schlosser]（1），第55—56页；弗兰根伯格 [Frangenberg]，第153页。关于吉贝尔蒂的材料索引，见曲培醇 [Ten Doesschate]（1）。

3 这些著作的现代版本与译本，见培根（2）、（4）、（5）；林德伯格（4）。

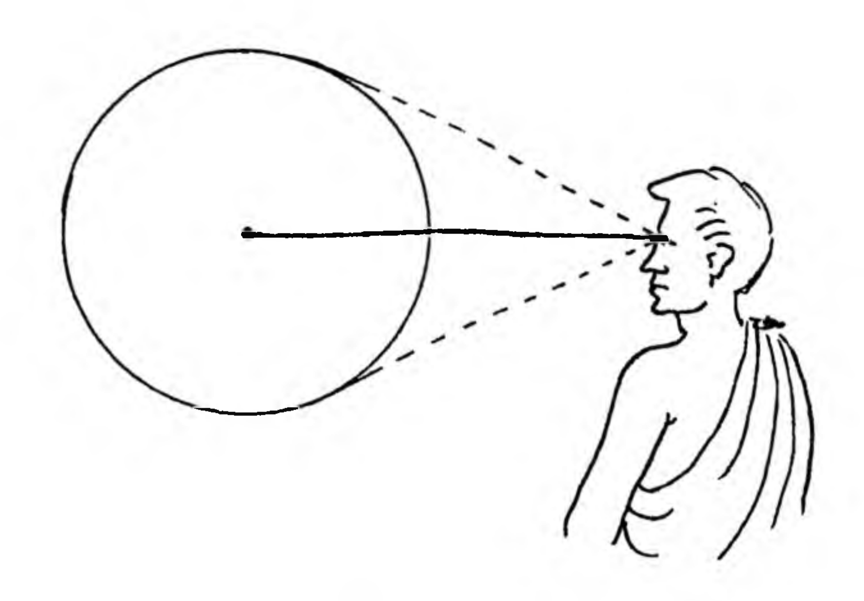


图3-4 古典光学所理解的带有中心线的视觉锥

相似性颗粒的辐射，为宇宙中无所不在的物理力与超自然力的相互作用提供了原型。

培根的新理论以罗伯特·格罗斯泰斯特这一观念开始，即认为上帝在第一天所创造的光，是所有自然与超自然活动的“种”（包括上帝撒播人类的神圣恩典）得以发生的基本媒介。[1] 此外，“种的增殖”服从欧几里得与托勒密相同的几何法则，它们已经解释了视觉物质如何以直线进入与离开眼睛，这些直线共同构成一个圆锥。古典光学认为，光线只有从可见物体的中间直接射到眼睛的感觉中心，与两个面同时垂直接触，才能“保证”图像清晰。视觉锥中的所有斜线要么传达微弱的视觉细节，要么形成反射或折射（图3-4）。[2] 自古人发现光以直角射入透明表面不被折射，或如果表面不透明并易燃时会引起燃烧，西方哲人将这一过程与神圣的、道德的力量相等同。正如德国神秘主义者梅斯特·埃克哈特［Meister Eckhart］（1260？—1328？）写到，灵魂只

1　见克龙比（1），第99—104页。

2　关于一般的古典、阿拉伯及中世纪光学/透视理论，见林德伯格（2）。

有在眼睛接收到直接的光线时才能“看见”上帝。[1]

培根除了声称“种”的长度、宽度和深度［*longitudinem latitudinem et profundum*］外，从未准确地解释过它的物质性。不过，他小心地避免将它与斯多葛派所主张的物质原子是光的本质相比。如大卫·林德伯格［David Lindberg］所表明的，培根的理论基本上是亚里士多德式的以及反柏拉图式的（更准确地说是反普罗提诺［Plotinus］的），因它假设光线必须穿过一个物质媒介，而“种”就是从那种媒介物质中形成的物质实体。[2] 培根关注“种”是如何穿过媒介的，媒介是统一的（如空气）还是变化的（如介于精神领域与世俗世界中间）。以下是他的言论：

> 而“种”非实体，也非作为整体从一处向他处移动；而是在空气的第一部分（或其他媒介）中（经由媒介［*agens*］）产生，且不能与那部分相分离，因为形式无法与其所在的物质相分离，除非是精神；更确切地说，它在空气的第二部分中产生了一相似物，以此类推。因此，没有位置上的变化，只是通过媒介的不同部分产生增殖；它也没有从那里产生出实体，而是一个没有自己的维度但根据空气而生的物质形式；同时它也不产生于发光体发出的流溢，而是出于空气物质的潜能。[3]

培根的“种”理论对中世纪末思想家格外有吸引力，因为它清楚地将视觉物理学假定为上帝本人创造过程的微观世界。一部《种的增殖》抄本很可

1 埃克哈特，讲道41［sermon XLI］。但丁也很有兴趣，他在《飨宴篇》［*Il convivio*］写到同样的力量解释了为何“眼睛直视某人”是道德的（但丁（1），第261—262页）。中世纪期间最流行、最广泛传播的所有这些光学应用于道德哲学的也许是《道德之眼》［*De oculo morali*］小册子，由13世纪末名为利摩日的皮埃尔·拉塞皮埃尔［Pierre Lacepierre de Limoges］的另一位方济各会修士所著。超过一百幅手稿副本仍存，而在1495年奥格斯堡初版后，又有三个版本出版，包括一意大利语版；见克拉克［Clark］，第329—343页。

2 林德伯格（5），第5—42页。

3 培根（2），v部分，8分部，第4节。这段英译引自林德伯格（4），第63页。稍有不同的译本由伯克［Burke］给出，见培根（4），2:489—490。

能是科西莫·德·梅迪奇［Cosimo de'Medici］为圣马可图书馆购买的。[1] 洛伦佐·梅迪奇图书馆仍藏有三件培根手稿，两本《透视学》与一本《种的增殖》，15世纪时这些很可能都在佛罗伦萨。里卡尔迪图书馆［The Biblioteca Riccardiana］现藏有另外两本14世纪版的《透视学》。[2]

然而，再也没有比洛伦佐·吉贝尔蒂留下更多关于培根的文献资料的佛罗伦萨人了。他的第三《纪事集》充满了相关的引证，有时断章取义，有时则逐字逐句译自培根或培根的主要追随者约翰·佩卡姆［John Pecham］（约1235—1292）。[3] 这些摘录与"种"的本质和物质相关，阐述了它如何通过空气将图像传给眼睛，而眼睛本身又发生了什么。吉贝尔蒂还引用了培根与其他透视学家有关垂直的［*perpendiculari*］视线对产生清晰视像的必要性。他引用了阿拉伯人阿尔海桑［Alhazen］的观点："要是有人想证实可见物的形式，他移动（眼睛）就会使其中心对着所见物的各个部分。"[4] 并再次引证了培根的观点："由于这条线（视线）是垂直的、直接而强有力的，正如我们前述物体中关于'种'的增殖，而为了切实地理解……［所见的］是什么，这是必需的。"[5]

1425至1452年间，是吉贝尔蒂在佛罗伦萨最为繁忙的日子，他当时正在进行"天堂之门"十扇门的设计与铸造工作，他在新圣马利亚医院［Hospital

1　这份手稿追溯至1450年前后（见林德伯格（4），第76页），并编目为MS. Con. soppr. J. IV. 29，藏于佛罗伦萨国家图书馆。

2　林德伯格（1），第40页。培根《透视学》两份洛伦佐副本都编目在同一红字标题下：MS. Plut. 29。同在洛伦佐图书馆的MS. Ashburnham 957，是《种的增殖》的一个副本。里卡尔迪图书馆的《透视学》副本编目为MSS. 885和1223（II）。

3　事实上培根的理念通过他的同事英国方济各会修士、坎特伯雷大主教以及《光学综述》［*Perspectiva communis*］的作者约翰·佩卡姆当时的著述而得到最广泛的传播，该书无疑是中世纪后期和文艺复兴时期相关主题在欧洲各处最受欢迎的专著；见佩卡姆。

4　施洛塞尔（1），第86页："Et quando arà uoluto certificare la forma della cosa uisa, si mouerà sicchè il mezo sia opposita a ciascheduna parte della cosa uisa."

5　施洛塞尔（1），第78页："Et perchè questa linea è perpendiculare et diritto et fortissimo, come se auuto nelle cose abbiamo dette di sopra della multiplicatione delle spetie, et queato è necessario al uedere accioche egli comprenda certissimamente et fortissimamente quello è." 吉贝尔蒂的陈述，大约于利皮绘制伦敦《圣母领报》的同一时期写于佛罗伦萨，可作为史学家以期解释为何画家将鸽子置于圣母马利亚子宫前这一如此不寻常位置的可靠文本证据。

of Santa Maria Nuova] 对面敞开的作坊 [bottega]，成为了画家和雕塑家们聚会闲聊的场所。我们可以肯定和蔼可亲的“利波修士”是那里的常客，当其他透视学者如莱昂·巴蒂斯塔·阿尔贝蒂到访时，他会在场并专心倾听。

是时候近距离观看利皮的画作了。我们注意到画家在画面顶端描绘了上帝的手从云块中伸出，云块被边缘饰有金色小点的光环样椭圆环绕着。在上帝带有光环的手下方，像是由它生出的一连串向下的圆圈，边缘同样由金色小点装饰。它们似乎相互交叠，稀薄的金色光流从上边缘处流溢出，受引力作用而落向正对着圣母马利亚的鸽子。该如何解释这些奇怪分散的形象？为何利皮让鸽子出现在这个较低的位置上？惯常做法是（即便利皮本人也是）将鸽子置于圣母上方，发出的光线斜对着她。

我们有充分的证据证明，利皮是在培根的“种的增殖”理论的古典和中世纪框架范围内找到这一图画解决方案的。无疑，当画家描绘对着马利亚子宫的鸽子时，他在思考（正如吉贝尔蒂的注释词中强调的）中世纪透视学者所谓的“认证”；也就正如培根所述，这一独特幻象只出现在视觉对象“正对着”眼睛时 [*quod est oppositio visibilis respectu visus*]，视线可以直角进入可感光的冻结面 [*glacialis*] 或结晶体 [*crystallinus*]，这正是我们今天所理解的聚焦透镜，但在当时认为位于眼球的中心而非前端。[1] 培根相信这种垂直性的力量不仅是视觉认证的基础，更是宇宙的自然法则。修士利波·利皮成为这一神秘主题最具才艺的思想家。他试图以前所未有的方式将该法则与马利亚的神奇受孕联系起来。

99

利皮仍有着如何描绘圣灵的“种”从天上来到人间世的问题。如我们所见，他的答案就是紧密遵循培根在《透视学》中解释的语言逻辑。画家描绘圣灵离开上帝伸出的手，不是以世俗形式的鸽子，而是以非尘世的光环出现的，“在空气第二部分中产生相像物……通过媒介的不同部分而增殖”。此外，组成下降光环的金色尘埃可描述为利皮再现“种”的特定图式，源自他

1 培根（2），2:56;（4），2:475。

的涂金技法。无论如何，艺术家试图表现每一个点，正如培根所述，“没有独立的维度，而是由空气产生……出自空气物质的潜能。”[1] 在多重光环的最下方，圣母子宫的正前方，利皮表明圣灵最终物化为普通的鸽子。

仔细观察利皮的鸽子与圣灵图像。它的头顶上似乎发射出另一束金色圆点，以往的“圣母领报”常表现这种金色光线自象征性的鸽子那里呈扇形散开，这是与天界沟通常见的图画比喻，异乎寻常之处在于马利亚腹部，正对着鸽子，流溢出更加明显的交互光线锥。此外，它出现于圣母马利亚长袍上有意绘制的短直开口处。

源自鸽子的光线被描绘成由金色圆点组成的长波浪线；而来自马利亚身上的光线则更短，也更直一些。来自两边的光线并无联系——除了一条：出自围绕着鸽嘴的那簇光线的中间，射向来自对面的另一束光线——马利亚衣褶那簇光的中心。在此我们有两条特别的线索表明画家遵从了培根的光学模式。

培根在《种的增殖》和《透视学》两部著作中均提出理论，“种”并非只在一个方向上作用于眼睛。由于眼睛是个非常特殊的器官，它必须发挥某种反作用力于传入的可见物的“种”上。我引用培根《透视学》中的有关内容：

> 因此视觉必须借由自身的力量来完成看的行为。而看的行为是对一定距离内可见物的感知，也因此视觉借由自身的力增殖到物体上而感知可见物。此外，世间万物的“种”因其高贵性，本性上不适于即刻产生完整的视觉行为。由是这些必须经由眼睛之“种”的帮助与刺激，它传

1　林德伯格（5），第15页，引自詹姆斯·麦克沃伊［James McEvoy］，《罗伯特·格罗斯泰斯特的哲学》［*The Philosophy of Robert Grosseteste*］（牛津，1982年），第65—67、136页。尽管这段文字涉及格罗斯泰斯特的具体理论，它也与培根以及利皮的伦敦《圣母领报》中的图像有关：“从源头流出的光会构成一个能量递减的等级体系，创造出来的光线以其不同的参与度，模仿着光源的本质，每束光都照耀或反射到下一束光线上，后者又是从上一束光中获取自身的……源自这一精神性太阳的光的产生与扩散，其本身保持不变、不分离，仍然超越光的流出而形成的等级体系……因为所有光都源自……众光之父［Father of Lights］，光在等级体系的不同层级（直至最低层）范围内的吸收和传播，至高光［lux suprema］与最低存在物的活动性一样。”

播于视觉锥中并改变着媒介而使之高贵……因此为可见物的“种”本身准备通道，且使之高贵，因此它与眼睛这种生命体的高贵性颇为相类。[1]

利皮受惠于培根光学的另一迹象，就是他描绘“种”从鸽子流向圣母的方式。只有从鸽嘴中流出的那条光线与马利亚子宫处光锥的中心相联系。这条线也是近乎垂直的。培根曾解释道，即使这条非常重要的认证光线的“种”可以从稀薄到稠密的媒介中前进，前进时，也会弯曲，“就如同从天空降临……较低的物体上”。当“种”进入到眼睛，它必然沿着“曲折的路径［*linea tortuosa*］……如同有生命体想要的动作”[2]，诸如我们在鸽子的光锥中所看到的那些斜线，由于媒介物的改变而明显地折射并失去了力量。吉贝尔蒂进一步指出，投射在眼睛上的非垂直“种”，“会分散……而不会清晰显现于眼前”［romperannosi...(et) non appariscono manifeste all'occhio］[3]。我们再次从利皮的画中看到，来自鸽子处的弯曲斜线没有达到目标，未能透入圣母的子宫。

最后，我们来思考一下马利亚长袍上利皮所绘的小切口。画家为何绘制这一开口呢？显然他的赞助人不会允许这一挑逗性细节，若非原本就有此意［*nihil obstat*］。而我们在当时流行、受欢迎的透视科学中找到似乎合理的解释。让我们首先假设画家已将马利亚受胎等同于视线进入眼睛，他有意地在圣母衣服上绘上开口，只是让观众想起瞳孔，或如吉贝尔蒂所谓的“孔”［il foro］，葡萄膜前端的“开口”，中世纪透视学者相信它是包裹着眼球的三层膜“衣”［tunics］的第二层。我们注意到，在利皮的时代“*tunica*”一词在拉丁语和意大利语中有两种清晰的含义。它常用来指胸下束带的长裙，这正是伦敦那幅画中圣母所穿的样式；它也是保护眼睛的多层包膜中各层膜的科学用语。洛伦佐·吉贝尔蒂援引培根关于葡萄膜孔［foro dell'uvea］的描述时，

1 培根（4），2:471。

2 林德伯格（4），第64—65页；培根（2），1:131—136。

3 施洛塞尔（1），第94—95页。

常常是在后一种意义上使用这个词：

> ……这一层……衣……被称作葡萄膜，因其与葡萄［*uva*］相似，也因为它的前端有一个开口，就像是葡萄柄被摘掉后的样子……光线锥垂直于眼睛……射入葡萄膜的开口，并位于开口的正对面——也即眼睛的中心——由此使视觉与看的行为人得以实现。[1]

即便利皮确实有意在眼睛的膜衣与马利亚的裙裾间进行比较，那为何他没有以惯常的圆形来描绘“瞳孔”？为何要将其塑造为杏仁状，或者更准确地说，像一块布上的短而直的开衩？[2] 我只能臆测，利波修士认为即便是隐晦地表现圣母外衣上明显的圆洞，也会让人厌恶。也许他为当时的宗教文学中另外的隐喻所感动。正如眼睛葡萄膜中的瞳孔开口，让中世纪透视学者联想到去柄的葡萄顶端的孔，它同时还让中世纪传教士想起耶稣的伤口，就是其右胁类似形状的深伤口。正如13世纪方济各会修士利摩日的彼得［Peter of Limoges］在他的《道德之眼》（流行的布道资料读物）中写道：“我们应时常凝视的孔［*foramen*］（如同它就在眼中）是基督在十字架上被刺的伤口……任何人都能……将心之眼观照基督的伤口，这样就能通过他的模型而感受到基督的苦难。”[3]

在进一步深入之前，我们快速地回顾一下由吉贝尔蒂解释的培根的视觉理论，而且它很可能传到利波·利皮修士那里：看的过程始于眼前的物体

1　施洛塞尔（1），第70—71、94页：“... questa ... tunica si chiama uuea però che'lla è simile alla uua, però che'lla lascia nella sua parte dinanci el foro si come si lascia nella uua, quando si leua del ramo d'apiccarla .... [La] piramide ... perpendiculare sopra all'occhio ... cade nel foro dell'uuea et è dirittamente contraposto al foro cioè el centro dell'occhio et però fa la visione et l'atto dello vedere buono et principale.”

2　值得注意的是皮耶罗·德拉·弗朗切斯卡［Piero della Francesca］在蒙特其［Monterchi］的《圣母分娩》［*Madonna del Parto*］中圣母马利亚的长袍上画了一个类似的垂直开口，尽管原本想它看起来像是一件普通孕妇裙的一部分。

3　同克拉克的引文，见第338页。

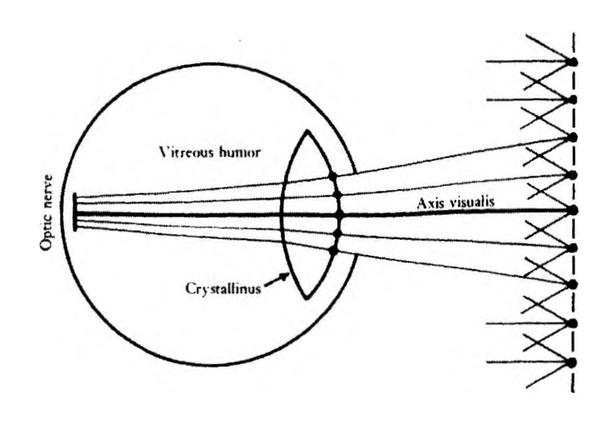


图3-5　中世纪光学所理解的进入人眼的视线

从其表面的每个点发射出"种"(图3-5)。这"种"迅速地消失并分解在居间媒质中，它本身根据那种媒质固有的"潜能"而继续再生或"增殖"。当它到达眼睛表面，并凭借眼睛的"高贵"力量而得以透入葡萄膜时，传入的"种"遇到内眼中更稠密的体液介质，这种介质有其自身的潜能。在眼睛敏感的晶体［*crystallinus*］前面上，"种"显现出原初的模样，或者说在两眼晶体中分别显现出相像物，随后通过各自的视神经传递到总神经［*nervus communis*］，即大脑中关联的"总神经"。在那里（在神经中［*in nervo*］，以培根的拉丁语离格）产生了最终的认知。[1]

在利皮的绘画与当时的科学思想之间存在一更有趣的联系，它不是从书籍或专业讨论而是从星期天布道推断的，得自当时最著名的传教士之一的启示性演说。修士安东尼诺·皮耶罗齐［Fra Antonino Pierozzi］，佛罗伦萨的大主教。在1439年梅迪奇家族将其纳入庇护前，他就一直是圣马可教堂多米尼加修道院的院长。1446年，他获授这个城市的最高神职，以其杰出的表现担任这一职务直至1459年去世。他如此受到尊重，并于1523年被教会封为圣

103

1　培根（2），2:32—33。

人。终其一生，从大教堂的讲道坛开始，这位大主教不断地就所能想象的主题向佛罗伦萨的教徒布道，从女性的着装习惯到资本主义经济学。他的话语，巧妙地融合了基督教的虔诚与佛罗伦萨的公民自豪感，与科西莫·德·梅迪奇的政治极其协调一致，因此他很快成为其密友。[1] 我们可以由此推测，利波·利皮修士，梅迪奇家族最喜爱的画家，同样也留意了这位佛罗伦萨大主教饱含感情的演说。

在其晚年，安东尼诺将他的布道稿编纂为一部巨作，他称之为《神学大全》[*Summa theologica*] ——托马斯式的自负，因为这位大主教意欲制定一套道德准则，以将他热爱的佛罗伦萨变为真正的新耶路撒冷，人间天堂的图景 [*in figuram*]。[2] 与利皮绘画相关的两条主线贯穿了其著作所涉的不同主题。这位大主教痴迷于作为超自然载体的光，以及圣母马利亚生平的生理方面。

关于光，安东尼诺以了解当时流行的该主题的科学文献为乐。他甚至写了一篇布道文:《论神性恩典的十二种特性及其与物质光的相似性》[“De duodecim proprietatibus divinae gratiae ad similitudinem lucis materialis”]。关于第十一种特性，他说上帝的恩典好比正午的阳光，以直角照耀人间 [*magis directe reverberat terram*]，由此根据几何光学原理，就发出最强烈的光线。[3]

安东尼诺着迷于圣母马利亚的故事。《神学大全》至少有八分之一的篇幅专论她，包括关于圣母领报的一长篇专题论文。[4] 他根据当时流行的盖

---

1 关于安东尼诺与梅迪奇家族的关系，见哈特，第219—220页及各处。亦见吉尔伯特（3）。

2 安东尼诺的《大全》最初誊写于15世纪50年代，初版是在18世纪，名为《圣安东尼诺神学大全》[*Sancti Antonini Summa theologica*]（维罗纳，1740年）；见现代复制本，安东尼诺。

3 安东尼诺，卷4，标题8，第1节，第451—468行。培根对安东尼诺所产生的影响的恰当事例见后续段落，卷1，标题2，第6节，第88—93行，从题为“De phantasie, seu imaginativa”（关于幻觉或想象）的布道起：“Sicut enim res sensibilis, quum videtur, multiplicat speciem suam, idest similitudinem usque ad potentiam visivam, mediante qua similtudine oculos videt; … sic ipsa potentia phantastica repraesentat tales similitudines, quae dicuntur phantasmata seu imaginationes intellectui, et in illis intelligit” [因为正如一可感物，当它被看见时，衍生了它的“种”，也即在各点上相似于视觉力者，通过这种相似它看到（刺激？）眼睛，超自然的幻想力也是这般显现出这些相似物，它们被称作智力的幻象或想象，而以那些形式变得可理解]。

4 我在别处分析过安东尼诺的《圣母领报》评论，卷4，标题15，第8节，第957—985行；见埃杰顿（3），第115—130页。

伦［Galen］的体液说，论述了圣母的容貌、发色和肤色，以及她的最佳生育年龄。他进一步探讨了圣母领报的日期，3月25日，以及这是否为基督受难的同一天。他问到，这两件事都发生在正午？并再次类比几何光学的法则。在那个时间太阳“向地球释放最多的热量”［*maximum calorem generat super terram*］。他在这一上下文中断言，热量［*calor*］象征着慈善［*caritas*］，当基督在十字架上牺牲自我时，他给予了人类至高的慈善。[1]

安东尼诺频繁地使用词组“*in figuram*”［成图像］，意思是听众应将他的语句转化为某种精神图景——但不是根据当时绘画的描述图式。在这一方面，大主教本人的想象力仍是联合的奥古斯丁式。无论如何，他的心之眼中的圣母领报图像，包含了文艺复兴画家们从未表现过的超自然细节。如安东尼诺描述加百利以人形外观现身，而他实际上是由神圣的“种”构成的，不需要牙齿和上颌。因此他并非用嘴说话，而是通过不可见的光［illumination invisibili］传递“空中……来自天堂的声音”［*vox de caelo ..in aere*］，这样圣母的心灵“被上帝照亮并被点燃”［*illustrabatur et inflammabatur a Deo*］。[2]

关于她的受胎方式［*modus*］，即当圣灵降临马利亚［*supervenit in Mariam*］时，安东尼诺详细描述了传统的多明我会分析。遵照阿奎那与大阿尔贝图斯［Albertus Magnus］的观念，他希望清楚地解释神圣受胎发生在子宫内［*in utero*］，而非通过子宫［*in uterum*］怀孕，这一离格形式强调了马利亚在受孕前后都是童贞女。安东尼诺进一步询问这神圣结合的发生是否依据自然力［*secundum naturam*］，像正常的妻子那样，还是超自然力［*supra naturam*］。他的结论显然并非前者。当圣灵降临于马利亚，她并未体会到

105

“炽烈的性欲”［*calorem concupiscentiae*］，而是如加百利所说，在“至高力量”“荫庇”下的“冷静”［*refrigerium*］。安东尼诺解释到，阴影是由光线中的躯体产生的，而以这种方式“在她体内孕育的人类躯体就是在上帝的精神

1　安东尼诺，卷4，标题25，第9节，第970行。

2　同上书，标题15，第9节，第973行。

之光中"[1]。此外，在普通的妻子身上，不纯洁的血"带有某种性欲落入生育处"［*descendit in locum genereationis cum quadam concupiscentia*］，而耶稣是在童贞女子宫［*in utero virginis*］由唯一"至纯至洁的血"孕育成的。[2] 最后，在否定了马利亚是自然［*secundum naturam*］受胎后，安东尼诺从加百利的荫庇［overshadow］一词中提取词根，暗示圣灵降临于她的方式类似于光不受污染地穿过透明介质。安东尼诺巧妙地在这一点上完全终止了这个主题。

总之，我们在伦敦的利波·利皮修士的《圣母领报》中所思量的，是优雅地尝试像大主教安东尼诺的神学描述那样，描绘耶稣奇迹般地孕育于子宫，然而利皮遵循罗杰·培根的理论，将之转变为纯几何学的眼睛受光。

菲利波·布鲁内莱斯基首次将线性透视法则运用于佛罗伦萨洗礼堂的原初图画中时，培根的机械原理就已为他所用。其中尤使布鲁内莱斯基感兴趣的是解释大物体的"种"是如何产生自身的比例图像，小到足以进入瞳孔的。他显然改变了欧几里得解释这一现象的光学定理21［optical theorem XXI］，使其适于他在绘画中遇到的类似难题。此外，他在画面的背后开了一个小孔来说服观众（图3-6），他们透过小孔以看到画前方的镜像画面，观众们观看这幅画的方式，就如同他们透过葡萄膜中的瞳孔看见内眼显示于冰膜面上的景象。

我们能否大胆假设利波·利皮修士也了解布鲁内莱斯基及其将光学法则用于绘画的情况，从而提出在耶稣奇迹般地孕育于子宫与培根的视觉源于神经的机械原理之间奇妙而全新的联系？是否利皮从理论上说明了上帝如何向马利亚发出自己的"种"，天才地想象天父在马利亚的神圣子宫中播下自己模样的种子，就如同自然在人类眼中神奇的深处复制自己的模样？正如文艺复兴时期画家在图画中运用透视原理进行创作？

而就我们所知，利波·利皮修士在伦敦的《圣母领报》中的精妙意象再

1 同上书，第10节，第981行："... corpus humanitatis in［Mariam］suscipiet incorporem lumen deitatis. Umbra enim a lumine formatur et corpore."

2 同上书，第980行。关于中世纪的道德准则与女性月经的一般关系，见伍德。

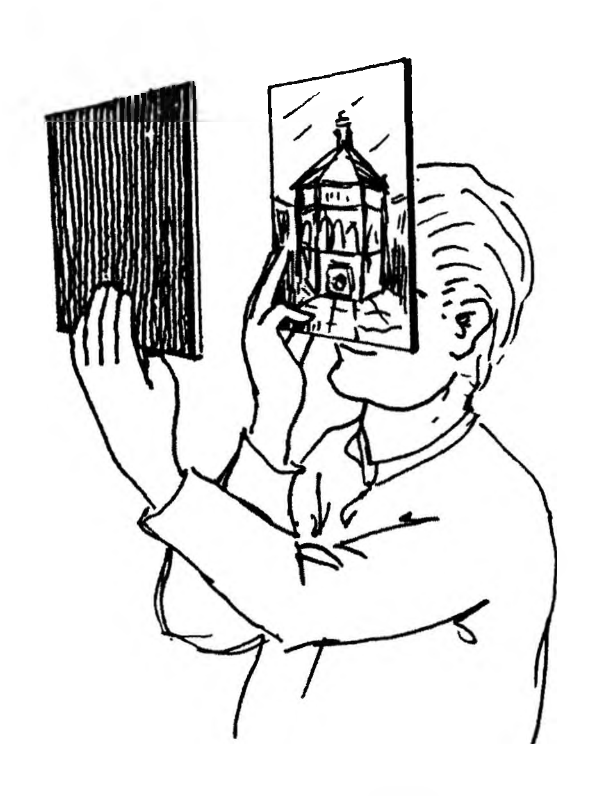


图3-6　布鲁内莱斯基在观察其第一幅透视图的镜面反射

也没有出现过。它作为一种独一无二的解决方案，500多年来未被模仿与注意到。它为何遭到忽视？难道是因为其他艺术家认为这一科学应用过于明晰，不适于如此微妙的主题？[1] 我相信另有让人信服的原因。在我看来，很可能是利皮画作的15世纪观众（即便其中少数知识分子熟知培根的理论），发现“种在介质中实体化”的概念难以用图像视觉化，在传统装饰图式的图画形式上更是如此，它与几何逻辑根本无关。他们的经验好似20世纪初观众，试图理解某些意在表现爱因斯坦相对论的现代绘画一样。如同未来主义画家徒劳

1　15世纪佛罗伦萨有影响力的教士常猛烈抨击对宗教主题不恰当的或潜在异端的艺术表现。大主教安东尼诺曾就这一问题布道；见吉尔伯特（3）令人信服的分析。

地以三维形式人表示四维时空，利皮的灵质金色点，不论从中世纪审美观看来如何怡人，都未能令人信服地描绘文艺复兴观众日益要求的三维几何幻象。确实，到了16世纪初，文艺复兴画家完全放弃了涂金技法，因其强调画面而削弱了透视深度。那时他们更喜欢通过敷色来表现圣母领报场景中上帝的神圣光线。[1]

若是利皮独一无二的解决方案将会产生影响的话，他显然需要一个新的更适当的规范。也许我们在此有了一个科学观念的明确示例，尽管对于当时的需求而言合理而相关，但未能被及时接受，因为在公众心目中尚未设想一幅可信的"图画"。新的、相对抽象观念的创始人经常强使它们进入过时的图式中，结果未能让人信服，有时甚至相矛盾。于利皮而言不幸的是，他的新生儿不但无法安坐于传统的澡盆中，还会随着污水一起被泼掉。

当然，科学家无须流泪。培根的亚里士多德式理论本质上是错误的，即便它们具有几何学的理性。在利皮的一生中，艺术家们都在发明源自透视的新规范，它们理论上可以让16世纪的观众信服，如人的心脏是一个往复泵而非熔炉，或者月亮不是光滑透明的球体，而是一个不规则也不透明的球体，有高山和峡谷，并在照亮地球的同一个太阳的阴影笼罩之下。

在努力提出新规范时，文艺复兴时期艺术家日益关注的是，他们的绘画即便在描绘天国时，也保持着透视的一致性。这种关注让他们成为西方文明接受现代科学的无心而又最重要的贡献者。

1　莱昂·巴蒂斯塔·阿尔贝蒂在1435至1436年的论绘画专著中，已向佛罗伦萨画家指出了金叶问题；见阿尔贝蒂（1），第92—93页："有些（画家）过度使用金子，因为他们认为它赋予画作某种威严。我不会赞美他们。即便我想描绘维吉尔的狄多［Dido］，让她有金色的箭囊，金饰束起的头发，裙子系上金扣子，驾着金色缰绳的战车，其他一切都是华丽的金色，我情愿以色彩而非金子来描绘，这富丽的金色光芒几乎从各个角度让观者眼花缭乱。除了更多地钦佩与赞赏使用色彩的画家这一事实外，将金子用于平面嵌板上，许多本应显出光亮闪烁的表面在观众眼里变暗了，而本应更暗的地方可能看起来更亮了，这也是事实。"

第四章

地面空间的几何化：创造绘画传统

88

108

最令人印象深刻的事实是，随着数学日益退往更极端抽象思维的上层领域，它回归现实而分析具体事实的重要性却相应地增加了。

——阿尔弗雷德·诺斯·怀特海［Alfred North Whitehead］，
《科学与近代世界》［*Science and Modern World*］（1925）

乔托和布鲁内莱斯基的透视几何学对于文艺复兴时期工匠－工程师［artisan-engineer］的视觉思维产生了重大影响，这些注重实际的技术专家在战争与和平年代为市民和贵族主顾实施各种工程，从设计防御工事和武器到修建纪念性建筑物和节约劳动力的机器。[1] 菲利波·布鲁内莱斯基本人就是一位“工匠－工程师”，他的杰作，佛罗伦萨大教堂上方的高耸穹顶，便有赖于他传统的工程方法及其对乔托的三维视觉感知的进一步量化（图4-1）。许多现代学者主张，布鲁内莱斯基发明透视原本是为有助于他的建筑图样。奇怪

1 “工匠－工程师”［artisan-engineer］这一术语由小林恩·怀特所造；他对这一独特的文艺复兴时期职业的有趣讨论见利维［Levy］，第36—58页。关于文艺复兴时期“智力”［ingegno］与“天才”［genius］含义的深入分析，见肯普（2）。

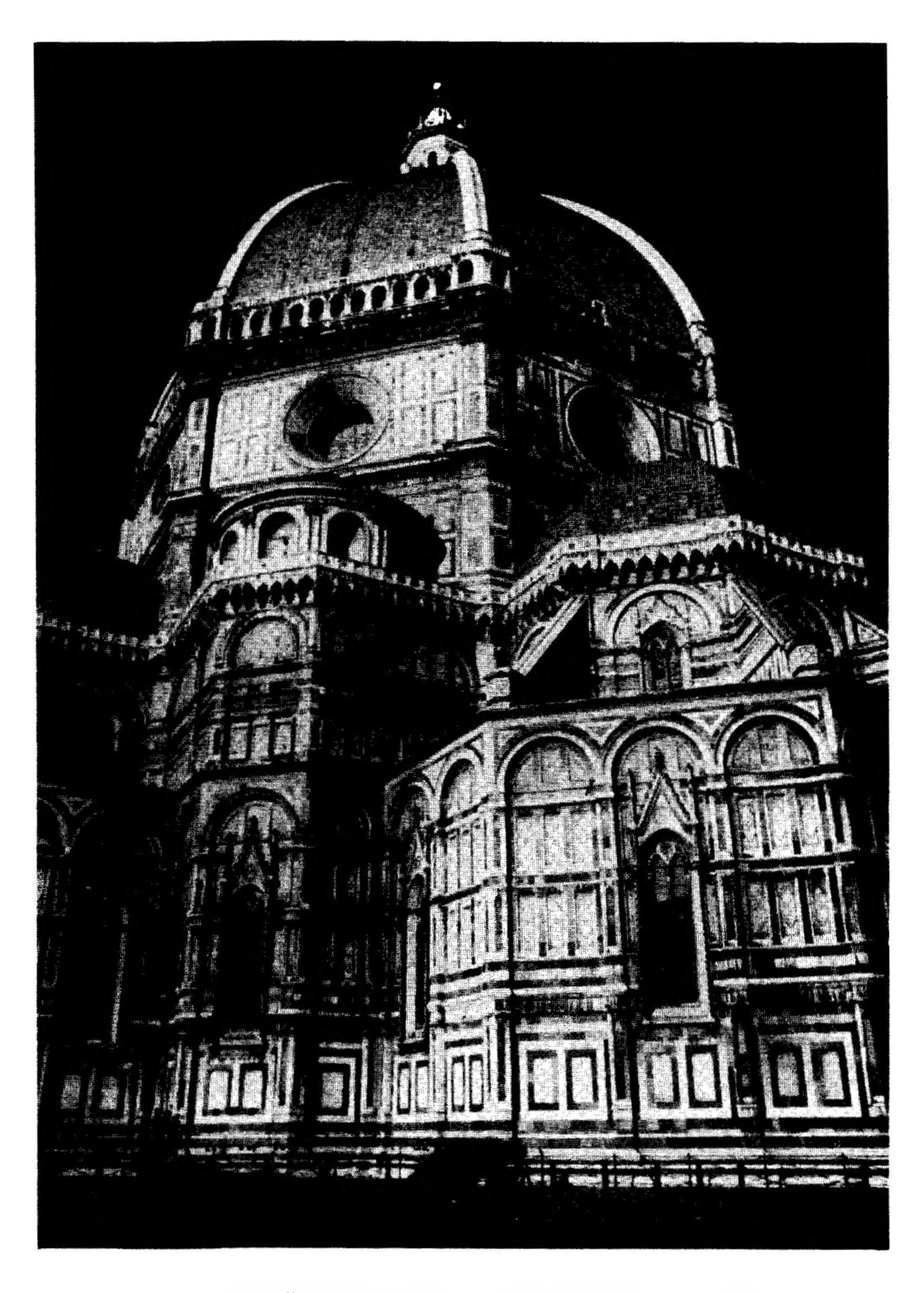


图4-1　佛罗伦萨的圣母百花主教堂，因布鲁内莱斯基的圆顶而被称为“大教堂”，1436年完工

的是，没有一幅出自他之手的透视法或其他的任何种类草图留存下来。[1]

有没有可能布鲁内莱斯基建造如此巨大而复杂的建筑物而不用草图？不太可能，但这一想法暗示文艺复兴时期透视法的真正意义，不是它为美术本身所做的，而是它让心之眼能够“看见”先验的三维图像。[2] 不像同时代的石工大师［master-mason］同行，他们对于何时停止并没有明确的认识，只是向上建造，直到他们主观上觉得地基已无法承受为止，布鲁内莱斯基似乎从一开始就构想出建筑物整体，在最低的砌砖阶段便预知与补救所有可能的压力与张力问题。[3] 因此他绘制过草图与否已不及这个事实重要，即他可以在奠基前就想象出竣工后的巨大建筑形式。他明显打算佛罗伦萨大教堂新穹顶的直径和高度，不是与万神殿［Pantheon］相匹而是要超过它，超过这座自恺撒时代以来西方幸存的最宏伟圆顶建筑物。[4]

具有讽刺意味的是，莱昂·巴蒂斯塔·阿尔贝蒂，这位编纂了透视法则并为建筑师写过一部书的人文主义作家，告诫他的读者不要被布鲁内莱斯基的新绘画科学迷惑：

> 画家与建筑师的图画区别在于：前者尽力以阴影、递减的线条和角度来强调画中物体的浮雕感；建筑师则拒绝阴影，从平面图中获取视图，而不改变线条并通过保持真实的角度，显示出各立面与侧面的长宽和

1　关于布鲁内莱斯基的“穹顶”建筑，见普拉格［Prager］/斯卡利亚［Scaglia］(1)；梅恩斯通［Mainstone］；罗西［R. A. Rossi］；萨尔曼（2）与特拉亨伯格［Trachtenberg］的评论；斯卡利亚。

2　论及较晚时期（16世纪）在实际建造建筑物中使用透视图的，见洛茨［Lotz］，第1—66页。关于佛罗伦萨14世纪城市设计可能的影响以及布鲁内莱斯基的透视示例的一些有趣见解，见特拉亨伯格。

3　有关中世纪建筑石工建造高层建筑物的方法，见弗兰克尔［Frankl］，谢尔比［Shelby］(1)。

4　万神殿底部直径为142英尺6英寸。尽管布鲁内莱斯基的穹顶底座八边形宽度从直边到直边的距离仅为138英尺6英寸，而更能准确规定着布鲁内莱斯基实际安装在建筑上部的穹顶轮廓的八边形跨角长度，达144英尺！见萨尔曼（2），第30页。我相信这位建筑师有意要超过古罗马原型，正如阿尔贝蒂在《论绘画》(他在穹顶完工那年题献给布鲁内莱斯基）中所承认的；见阿尔贝蒂（1)，第32—33页：“有谁……看见这高耸入云的巨大建筑物，会不赞美建筑师菲利波……这无疑是一项工程学壮举……今天的人们认为不可能，古人可能也同样一无所知、无法想象。”关于古人是否在他们的大型建筑中使用图纸的挑战性讨论，见费尔德豪斯［Feldhaus］，第1—15页。

> 形状——他是希望其工作根据某些精密的标准而非欺骗性外观来判定的人。[1]

阿尔贝蒂提醒读者，建筑师与工程师应该依据不失真的立面图来思考，并从三维的木制模型着手工作；他们需要什么光学技巧呢？[2]

111

尽管如此，在心之眼中构造复杂的三维结构，并将其精准模样完整地以同比例维度转移到笔记簿页面的能力，仍让想要成为建筑工长［capomaestri］的人入迷。布鲁内莱斯基本人的巨大成功确立了标准，他的透视法实际上成了表明工匠－工程师地位上升的一种象征形式。而他的追随者意识到透视图为他们之间交流思想提供了便捷，继续创造可相互理解的绘画规范词汇。

的确，受几何透视激发的艺术创造力不是出自错觉艺术本身，而是巧妙地操作这些规范。通过这些操作，“工匠－工程师”学会去探索的不只是事物的表面，还有其隐蔽的内部，也就是首先影响自然外貌的本质结构。[3]

正如我们所知的，一条斜线可表示某一物体的边缘正远离眼睛而去。一处颜色变深的涂抹，也许类似地表示物体的一部分退入阴影中。现今这些基本的图画符号被视为当然，但它们对15世纪初的许多观众而言仍不熟悉。莱昂·巴蒂斯塔·阿尔贝蒂担心，即便博学的哲学家也难以清晰地想象出一条具体的“没有纬度的线条”[4]。当他们引证传统的学术公式时，也难以辨认出凹凸面被绘制在图画中的实际模样。[5]这位佛罗伦萨的人文主义者觉得有必要将抽象的欧几里得概念转化为具体的图像，以教育他那些“非视觉的”读者。因此他将线［*linea*］描述为像一块布料的边沿，而凹面［*concavitas*］就像蛋

1　阿尔贝蒂（2），第34页。有关这段文字的讨论，也见洛茨，第4—5、39—40页。

2　关于工艺技巧以及中世纪欧洲与传统中国视觉间相似性的动人论述，见李约瑟（5），第1—50页。

3　关于图像再现中传统主义的优势与局限的有趣讨论，见贡布里希（5）。

4　欧几里得（1），卷1，定义2和5。

5　佩卡姆如此描述凹面和凸面（命题1.71［74］，第144—145页）：“Verbi gratia, ex maiori distantia medii quam extremorum apprehenditur concavitas et econverso convexitas.”［举例来说，当到中心的距离大于到两端的距离便为凹面，凸面刚好相反。］

壳的内表面。[1]

而早在文艺复兴以前，有时更是出于政治而非知觉上的原因，工匠-工程师便面临着图画的规范化问题。在12世纪摩尔人被赶出西班牙和意大利南部后，一直关注军事后勤的欧洲君主欣然发现，阿拉伯人勤勉地复制了有关这一主题大量此前不为人知的古希腊语和拉丁语著述。基督教学者随即被派往那里，将这些转译成易读的拉丁文，并以最快的速度将这些手稿广泛传播到北方大陆的各个宫廷与学术中心。值得注意的是阿基米德［Archimedes］、希罗［Hero］、斐洛［Philo］和阿波罗多洛斯［Apollodorus］的力学著作，以及维特鲁威［Vitruvius］论建筑，弗朗提努斯［Frontinus］论渡槽以及弗拉维乌斯·韦格蒂乌斯［Flavius Vegetius］论古罗马军事的著作。[2]

欧洲宫廷还深受另一本小册子《秘学玄旨》［*Secretum secretorum*］的启发，据传曾是亚历山大大帝老师的亚里士多德编撰的，意在为这位征服者提供医学、天文学、治国方略与军事方面的建议。[3] 总愿意将自己想象为亚历山大再生的中世纪统治者，为这位古代模范而欣欣然。《秘学玄旨》也许促进了后来的各种家庭手工业，工匠们绘制的古代技术手稿（一般根本不附图片）插图，他们抓住机会（甚至借用阿基米德和维特鲁威之名），让亚历山大的后继者接受他们自己修正后的古希腊和古罗马工程学。

此外，在13世纪后，当时十字军东征已明显受挫，王室对大规模东征的兴趣减弱，这些雄心勃勃的宫廷工程师觉得，绘制图纸比制作昂贵的三维模型更便于检测他们的想法。[4] 在这一方面，读者立马便会想到莱奥纳尔多·达·芬奇。而正如我们将看到的，几乎所有佛罗伦萨工程制图方面的伟

---

1 阿尔贝蒂（1），第38—39页；见埃杰顿（2），第79—82页。

2 吉勒［Gille］，第15—24页；克拉格特［Clagett］（2）；扬斯［Jähns］；普罗米斯［Promis］（1）。

3 这一伪亚里士多德论著，现认为起源于阿拉伯人，在中世纪期间的基督教欧洲广为流行。出版有100多种方言版本，包括罗杰·培根加注的拉丁语修订版；见培根（3）；亦见桑代克［Thorndike］，2:246—279；曼扎拉维［Manzalaoui］。

4 关于中世纪晚期工程师以图画代替文字解释其想法这个异常偏好的进一步证明与有力分析，见霍尔（1）。

大成就，都源自杰出先辈们的设想。[1]

让我们从评定两位早期先驱人物著作中的两幅“工程”图开始，他们一位是法国人维拉尔·德奥内库尔［Villard d’Honnecourt］（活跃于13世纪初），一位是意大利人圭多·达·维杰瓦诺［Guido da Vigevano］（活跃于1328至1349年）。图4-2实际上是出自维拉尔个人笔记簿中有几幅图的一页面。[2] 图4-3是14世纪末的手稿复制品，显示的是军用机械的单个设计，出自原本于1335年献给法国国王腓力六世的专著中。[3] 两个示例都证明了中世纪用于技术思想交流的图解语汇的贫乏。它们代表了不断演进的工程图风格的“从前”，到文艺复兴时期，它们将发展为规范化的图画术语。

113

维拉尔这里的所有草图——从左到右从上往下依次是：水驱锯木机、十字弩、旋转天使雕像的装置、螺旋压力机，以及在阅读福音书时能扭动脑袋的“自动”鹰——没有一幅是实际的工作图。[4] 这些只是他游历各国从业时的随想杂记。由于中世纪不存在统一的工程图规范——也即，未有从古代幸存下来的——维拉尔只好听从自己的直觉。

114

我们注意到草图的左上角，他试图描绘水流转动与齿轮相连的下方受到冲击的水轮，同时使得水平的横木进入上下移动的锯齿。他图解这一由垂直向水平方向运动的传送装置的解决方案，是为显示从最具特征的方面来看每个部件，因此整个图画看起来有着不协调的扁平感。

同样的稚拙感也见于圭多·达·维杰瓦诺的图画。这位14世纪意大利人实际上是法国宫廷的专业医师。他为庇护人国王腓力六世撰写了分作两部分

1　关于工程制图通史，见费尔德豪斯。

2　MS. fr. 19093；哈恩洛泽［Hahnloser］著作中复制本；亦见吉勒，第24—28页。

3　圭多常被引用的“宝典”［Texaurus］手稿以及这幅被频繁复制的插图，现藏于巴黎国家图书馆（MS. machine. 11015）。而我们的图4-3出自一个不太出名的精确复制本，由亚琛的马丁［Martin of Aachen］绘于1375年。这个版本包含了巴黎手稿中所没有的更详细图样，这意味着存在过一件现已佚失的原作，两个版本都源自它，而耶鲁复制本更为完整。关于这一专著的更多信息，见普罗米斯（1），第14—15页；贝特洛［Berthelot］；吉勒，第29—31页；霍尔［A. R. Hall］（2）；霍尔［B. S. Hall］（3）、（5）和（7），第159—166页。

4　关于自动装置的历史，见沙皮伊［Chapuis］/德罗兹［Droz］。

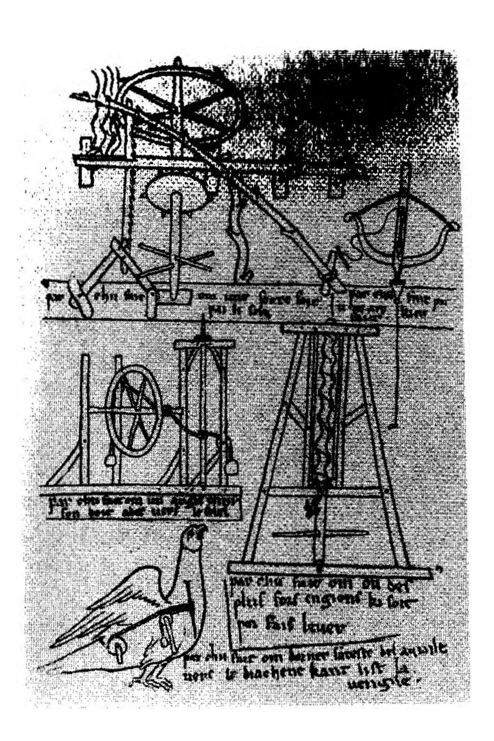


图4-2　维拉尔·德奥内库尔笔记簿中的一页，约13世纪30年代

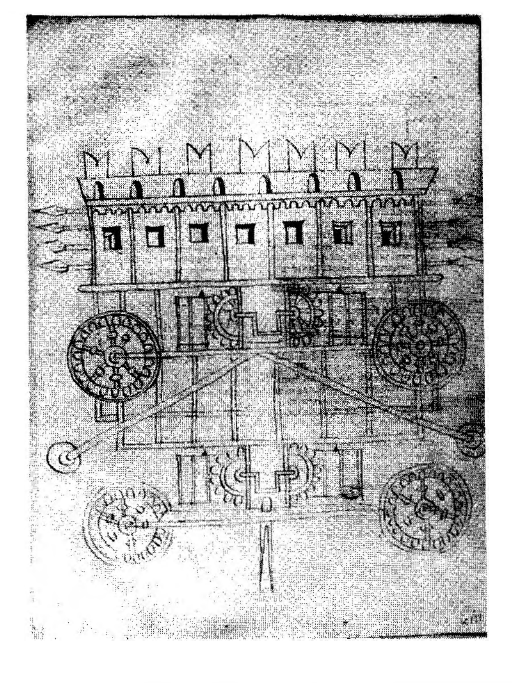


图4-3　亚琛的马丁所复制圭多·达·维杰瓦诺的宝典中一页，1375年

115 的论文，题为《关于法兰西国王收复海外圣地、再获健康体魄、延年益寿与防范毒物的文集》[“Texaurus (treasury) of King of France for the recovery of the Holy Land beyond the sea, and of the health of his body, and of the prolongation of his life, together with a safeguard against poisons”]。圭多本人并未为原手稿绘制插图。实际上，他雇用了两位画家，一位负责医药部分，另一位负责如出自其中的图4-3的军械部分。[1] 耶鲁版的绘图员毫无疑问复制了原版的传统扁平图式。不管怎样，我们可以（据此）假设面前有一列“非动物驱使”（如文中所述）雉堞状移动突击战车，它有着复杂的大小齿轮系统，由人在内部转动曲柄来操控，由此将旋转运动跨越直角传递到轮子上。[2]

此处的图解并非为了指导工匠同行，而是为了激发皇室庇护人的想象力。如果国王喜欢这个想法，他就有望雇用经验丰富的机械师，他知晓如何在没有比例图的情况下建造这台机器。[3] 顺便一提，非常类似的扁平视图也常见于当时的伊斯兰机械学论著中，如出自14世纪伊本·阿尔-加扎利［Ibn al-Jazari］《机械艺术的理论与实践纲要》［*Compendium of the Theory and Practice of the Mechanical Arts*］的图4-4。[4] 正如我在第一章提及的，在许多非西方社会，这种扁平视图促进了高度复杂的再现技法的发展。然而，尽管有综合配套的文字描述，阿尔-加扎利的图画所强调的不是客观的相似或比例关系，而仅是如摩尔艺术传统中图式化图像的大致形状。[5]

---

1 耶鲁版的圭多“宝典”不包含医学部分。有关国家图书馆这一非凡插图手稿的讨论与再版，见维克希默［Wickersheimer］（1）和（2）。这个事例中圭多的插图者是一位合格的手稿彩饰者，他以法国-佛兰德斯［Franco-Flemish］的自然主义新手法创作；见潘诺夫斯基（7），第21—50页；埃杰顿（5），第174页。

2 另一扁平视图工程图的恰当示例可见于12世纪兰茨贝格的阿贝·赫拉德［Abbes Herrad of Landsberg］的“喜乐花园”［Hortus deliciarum］中，fol. 112v。

3 正如作者所建议的（第11章，fol. 12 verso）：“而所有这些都听凭熟练技工处置，他知道如何调节这些轮子。”

4 见阿尔-加扎利；哈山/希尔；萨利巴［Saliba］。

5 阿尔-加扎利本人的言辞极好地概括了伊斯兰工程师对待机械插图的态度（第192页）：“在制图时……我并不追求完整性。我的目标在展示一种安排，这样它就可以被整体地和细节地理解。你意识到实体的图画有些含糊，但可以在想象中让它们相互适合，从任意角度观察剖析它，并由此逐步组装起来。”

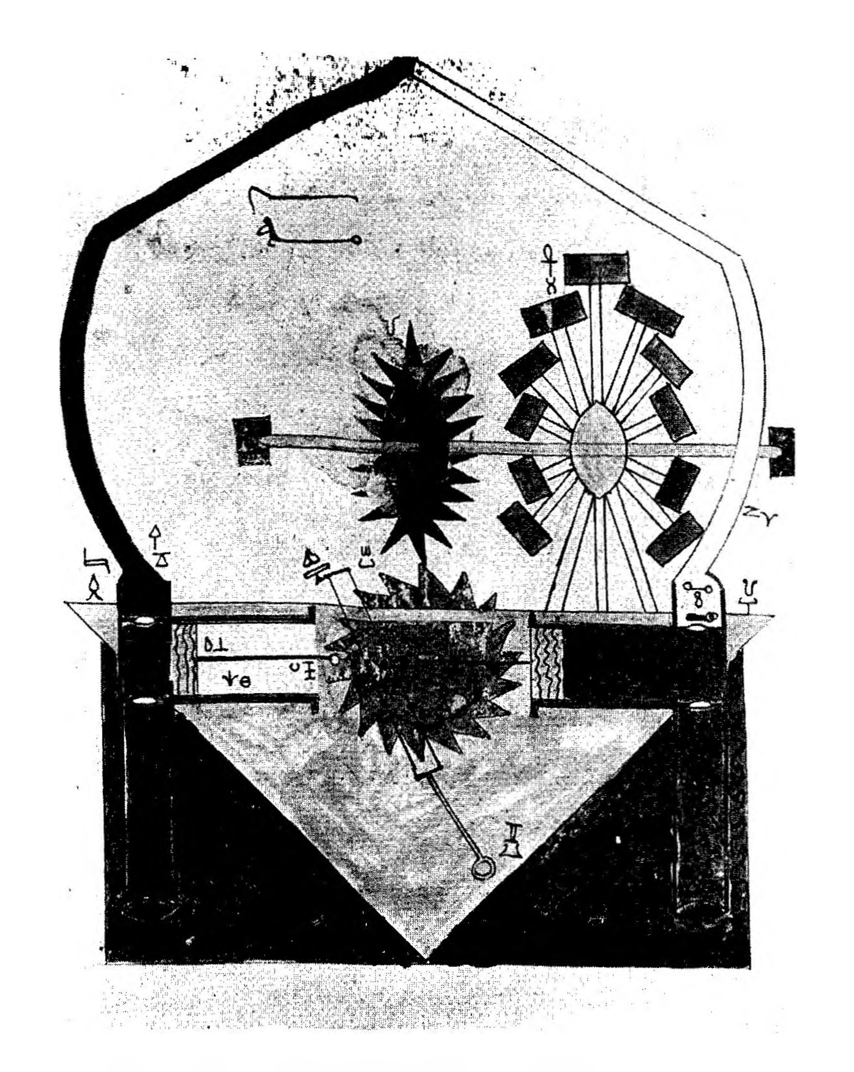


图4-4　伊本·阿尔-加扎利《机械艺术的理论与实践纲要》中的一页，约1310年，
登曼·沃尔多·罗斯藏品

116

是否这种普遍存在的透视，所谓的扁平化视图，曾是有意而为的绘图技法，以其细致而易于理解的图示表示复杂的体量？当时观众像我们今天读懂工程制图规范一样理解这些“稚拙的”图示吗？还是这种扁平化视图实际上是自然的符号，在所有初从艺者的早期绘图工作中很常见（但对于普通观众是无意义的）？这些问题的答案在此只做些暗示，更充分的解释必须等待认



图4-5 《农书》中的一页，1313年

知心理学家持续不断的实验。[1] 对于我们的目的来说，这种幼稚的再现模式主要作为明显的开端，1400年前后西方的工匠－工程师从中开启了具有历史意义的“摆脱平面性”历程，他们的文艺复兴感知遭遇了客观的现实。[2]

117

人们只有在文化刺激下受训练，才能学会在二维平面上记录三维体量，正如光线从光学上将它们呈现于眼前。纵观人类历史，即便在第一次欧洲文艺复兴之前的中国，这种技巧也只是被有限地使用。图4-5的木版画出自元代典籍《农书》[*Nung Shu*]，表现农民开设磨坊的情景。[3] 我们将会看到，数世纪里中国工匠满足于这种图解（风格上类似于意大利阿西西画家的经验自

1 关于这一现象（有时称作“拆分”制图）的更多信息，见德雷戈夫斯基 [Deregowski]，而他做出错误的断言，认为这是非西方文化特有的，尤其是非洲文化。

2 有关科学与工业艺术中这一西方显著的“摆脱平面性”历程的另一种生动描述，见塔夫特。

3 关于这部伟大的中国技术著作的木刻版画与许多出版物，见李约瑟（17），第10—14页。

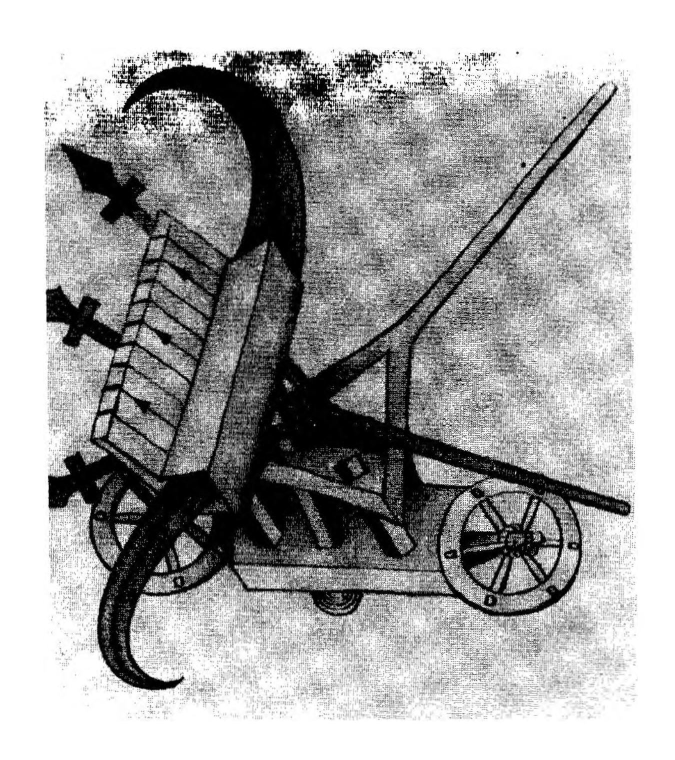


图4-6　康纳德·基泽《战争防御工事》插图，1405年

然主义）。为何中世纪西方人（尤其是意大利人）达到这一阶段尚不满足？为何他们要在图画中寻求更高的几何精度？

让我们探索一下乔托几何学向北的逐步扩散，它甚至跨越了阿尔卑斯山。图4-6是另一种战车的设计图，出自德国军事工程师兼医师艾西斯泰特的康纳德·基泽［Konard Kyeser of Eichstätt］（1366—？）[1]写于1405年的一部有影响力论著，名为《战争防御工事》［*Bellifortis*］（字面意思是“在战争中强大”）。基泽明智地雇用了一位专业的书籍彩饰者，后者精于当时流行的国际哥特式风格中的明暗对照和透视短缩技法。尽管在他的技术图解中仍有赖于

1　手稿副本藏于哥廷根大学图书馆（Cod. MS. philos. 63 Cim.）和因斯布鲁克斐迪南博物馆（MS. 16.0.7）。关于复制品与评论，见艾西斯泰特的基泽；怀特［L. White］（4）；吉勒，第58—65页；费尔德豪斯，第28页。基泽将论著题献给巴拉丁的皇帝鲁普雷希特［Ruprecht of the Palatinate］（1400—1410）。

图4-7　胡斯特战争时期佚名者绘制的图，约1470年

以往幼稚的扁平视图来表现斜面，这位大师仍敢于以原始的但像乔托那样的倾斜透视进行大量的设计。[1]



我们从基泽随附的拉丁文本了解到，图4-6描绘的是两轮马车，中间部位是安装在枢轴上的可移动台面，并装有伸出的矛和长长的弯镰刀。弩手可坐在这个平台上，并在掩蔽处通过孔口射击。当战车进攻敌方步兵时，马车内的人借助辕杆来左右转动平台，砍杀任何挡住去路的正面之敌。[2]

基泽在著作中描述了大量其他的新奇机械并配有插图。与圭多·达·维杰瓦诺一样，他意识到这些设计尽管怪异，但对具有军事头脑的庇护人有着

1　早在布鲁内莱斯基甚至乔托之前很久，阿尔卑斯山南北艺术家便利用一种经验性、倾斜的原始透视［proto-perspective］，表现立体物时，仿佛一角向观者突出，而物体各边也被看作从画的平面倾斜突出向前。这一概念为所绘图像增添了一定的实体感，近乎雕刻般的自然主义；见约翰·怀特（3），第27页。

2　复制基泽书中的摹本，1:19v。基泽简要的拉丁文评注出现在fol. 20r对面。格茨·夸尔格［Götz Quarg］的德语译文紧随其后2:19。

巨大的吸引力。然而他与雇用的画家都未能将他的奇思妙想转化为图像，使其付诸实践。国际哥特式风格本身证明自己是个障碍。视线遮挡造成远处平面与近距离的看起来相重叠（而在稚拙的扁平图示中，它们可以想象成相并列），而由于德国人尚未想出任何的解决之道，这种图画未能让人清晰地理解，部件的某一层面如何在纵深上与另一层面相联系。

图4–7是一幅脚踏驱动磨坊的插图，出自另一本阿尔卑斯山北部的笔记簿，仅知其为胡斯战争［Hussite Wars］时期一位佚名工匠所留，年代可追溯至15世纪中叶。[1] 尽管草图很粗糙，我们还是能够看出机械的所有构件，包括踩动踏轮者的尺寸，基本上是按比例绘制的。这位画家通过巧妙地更改古代的几何网格原理，表明了这一事实。确实，当我们观看他的图画时会无意识地校准尺寸，根据与周围平面建筑网格的关系而分割磨坊所有部件的距离，如此粗略，看起来像分区的两层建筑物的开口端。（画家甚至画出了钉在转角处的支架！）我们将会看到，这种图画网格有着超凡的心理暗示力，尤其当它在三维中延伸时。

图4–8、图4–9和图4–10均出自一部意大利手稿，1420年前后由威尼斯的乔凡尼·丰塔纳［Giovanni Fontana］（约1395—约1455）撰写和绘制插图，被奇怪地题为《兵器之书，以图画和错误字母写成》［*Bellicorum instrumentorum* 120 *liber, cum et figutiset fictitys litoris conscriptus*］。[2] 有趣的是，他还是一位医师以及占星家和数学家，并在帕多瓦的大学获得学位。其名丰塔纳［Fontana］，“喷泉”［fountain］之意，表明其家族的工程传统。不管怎样，帕多瓦是乔托的几何学之城。不仅阿雷那礼拜堂湿壁画在那儿，而且帕多瓦的大学以作为 121 研究透视科学的重要中心而著称。

1　手稿副本藏于慕尼黑州立图书馆，Cod. lat. 197, pt. 1, fol. 20v.（pt. 2包括塔科拉的《论动力》）。相关复制本与评注见贝特洛；贝克［T. Beck］，第270—293页；以及霍尔［B. S. Hall］（7）。

2　慕尼黑州立图书馆，Cod. icon. 242。这份手稿已出版彩色副本，附有巴蒂斯蒂/巴蒂斯蒂的完整评注（在有关丰塔纳著作的语境中）。同时参见普拉格/斯卡利亚（2）；桑代克，4:150—182；克拉格特（2），3.2:341—360，尤见其（3）。此手稿标题古怪是因为乔凡尼行文时部分以拉丁字母，部分以他本人创造的神秘字母。这些密码已被奥蒙［Omont］破解。

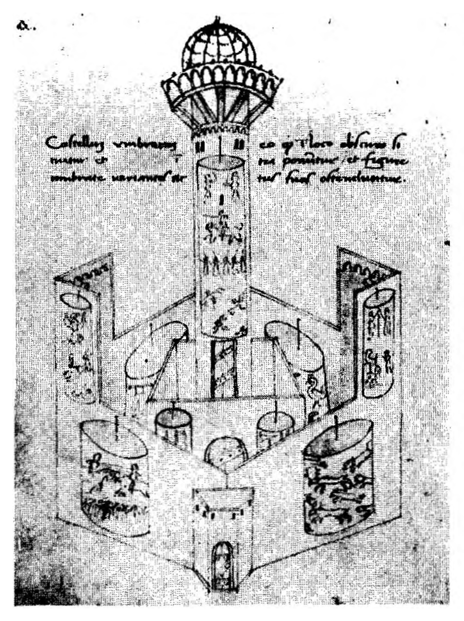


图4-8　乔凡尼·丰塔纳《兵器之书》插图，fol. 67v，约1420年



图4-9　乔凡尼·丰塔纳《兵器之书》插图，fol. 70r，约1420年

123　忠实于这一威尼托［Veneto］遗产，丰塔纳着迷于光的反射、镜子与各种光学技巧，这方面的许多设计都包含在他的兵器著作中。在图4-8中我们可以见到一座生动的“影子城堡”［*castellum umbrarum*］，由折叠的半透明羊

124　皮纸构成。悬挂在这座假城堡前的是一组旋转的圆柱体，覆有比武者、猎人以及野兽形象。当置于“暗处”（如拉丁语文本所指）并从后面照亮时，旋转的形象看上去活灵活现（犹如中国的皮影戏）。[1]

在图4-9中，丰塔纳发明了另一种超前的电影装置，这次是一种魔术灯，人们可以偷偷地在深色墙面上投射出栩栩如生的魔鬼影像，“让夜间目睹者畏惧”[2]。作者在另一相关的册子中断言，地狱必定充满了这些幻象。其中他写

1　巴蒂斯蒂/巴蒂斯蒂，第98—99页。

2　关于丰塔纳魔术灯超前性的进一步评论，同上，第99—100页。图中拉丁文本下方密码读作：“一见便知这盏灯是如何靠我的心灵手巧制成。”亦见克拉格特（3），第14页。

到撒旦［Lucifer］有意地利用这些图像，以在失意的罪人间“引发贪婪、不和、谋杀……疾病”[1]。

威尼斯人的第三幅设计图（图4-10）最能展示有关透视错觉感知的新心理学阶段的到来，也即，要是我们能更清晰地领会丰塔纳的编码意图的话。在此我们看到他在粗糙的正视图中（称这图为“监狱已准备就绪”［*carcer noster ingeniosus*］），绘制了一对连在一起的敞开盒子。[2]下方的图片说明显露了丰塔纳得意于在这透明围墙设计中，他所创造的光学模糊。这段拉丁文的大意是：“我们高明的监狱有三重特性：首先，所有事物从外部看都是同样的；其次，当内部被隐藏，外部便可见；第三，当外部被遮蔽，内部即显现；而作为第四种可能性，你会看到，若是既没站在内部也没站在外部，这一装置便无效。”



图4-10 乔凡尼·丰塔纳《兵器之书》插图，fol. 54v，约1420年

这一说明意在欺骗和迷惑普通读者。15世纪工程师唯恐他们的笔记簿落入嫉妒的对手之手，故频繁地借助于密码。[3]丰塔纳本人的密码就是用编排好的字母代替拉丁字母表构成。[4]因此拉丁语句下方神秘的手写体，会告诉我们他的真正意图。似乎在他脑海中有一座复杂的戏剧舞台（皮拉内西

1 载于桑代克，4:171。

2 14世纪，在阿西西和其他意大利中心的艺术家有时通过显示所绘实体的正面与画平面平行而非倾斜，使他们经验性的“原始透视”场景多样化；见怀特（3），第27页。直到布鲁内莱斯基之后，正面透视才取代倾斜视图成为文艺复兴绘画的标准做法，见埃杰顿（2），第32—78页。

3 如布鲁内莱斯基在这方面给予塔科拉的建议，见普拉格／斯卡利亚（2），第11—12页。

4 奥蒙；克拉格特（2），3:247—250，及（1），第14—17页；巴蒂斯蒂／巴蒂斯蒂，见35—38页。

[Piranesi]“监狱”的原型？），通过可变动的窗户系统使内外部空间相分离，而墙壁可以根据观者是站在内部还是外部，而呈现出闭态或透明的状态：

> 在第一种模式中，我在外墙和内墙都设置了开口，并装配上玻璃，让光线透入［透视？］。[1]在第二种中，没有内部的开口或窗户，你让外部构件显现出透明状。在第三种模式中，你的做法刚好相反，因为导入光线的开口现在位于室内，而遮挡光线的开口在外。

最后，值得注意的是丰塔纳与精通阿尔贝蒂透视法的威尼斯同乡雅各布·贝利尼［Jacopo Bellini］(画家真蒂莱［Gentile］和乔凡尼［Giovanni］之父以及安德烈亚·曼坦尼亚［Andrea Mantegna］的岳父）交好。丰塔纳甚至将一篇特殊的论文,《绘画艺术的法则》[“Rules for the Art of Painting”］献给贝利尼（大概与线性透视有关；不幸的是，这篇论文的手稿至今尚未发现）。此外，他也许还影响了另一位对我们展开故事很重要的人物，卢卡·帕乔利［Luca Pacioli］，通过一篇献给帕乔利的老师乌迪内的多梅尼科·布拉加迪诺［Domenico Bragadino of Udine］的测定法论文。[2]

我们此时已到了现代工程制图的历史发展的关键时刻。我不敢说布鲁内莱斯基的重新发现几何透视是主要刺激物。而对美术与科学的这种突然联系的最重要贡献者——莱奥纳尔多·达·芬奇与伽利略·伽利雷的真正先驱——都出生并成长于托斯卡纳地区，那里布鲁内莱斯基对乔托几何学的改进已产生了极强烈的影响。两位锡耶纳绅士——马里亚诺·迪·雅各布［Mariano di Jacopo］，人称塔科拉［Taccola］(1381—约1453)，与弗朗切斯

1 这是由巴蒂斯蒂/巴蒂斯蒂解码的那段文字的英语意译，第91页。不过，显而易见的是，即便巴蒂斯蒂仔细地释读题铭，也只是不太精确的翻译。记下密码文字的人（巴蒂斯蒂怀疑为丰塔纳的一个未受教育的助手）在起始地方的字母替换上犯了几处错误。巴蒂斯蒂将此处显示的密文读作“透过镜子”［*per specula*］。我本人的解读不同（尤其是其他内容并没有提到“镜子”）。我更愿意将这些符号拼成某种形式的*perspicere*（即“看透”），拉丁词*perspectiva*无疑便源自它。

2 克拉格特（3），第8、24页。

科·迪·乔治·马丁尼[Francesco di Giorgio Martini]（1439—1501）——完全可以被称作现代工程制图的祖父和父亲。

塔科拉（同年长的布鲁内莱斯基一样）原本是要被培养成市政公证人的，但他真正的热情是要成为一名“工匠-工程师”，并被称作“锡耶纳的阿基米德”。[1] 菲利波·布鲁内莱斯基是他敬佩的导师，他甚至记录了与这位伟大人物的对话，他告诫塔科拉说对手会窃取其秘密。[2] 塔科拉并未提及布鲁内莱斯基的透视实验，或就此他本人是位极具天赋的艺术家。无论如何，他是第一位运用两种古代西方绘画观念的人（它们在阿西西重新得到应用，由乔托改进，以及布鲁内莱斯基对欧几里得的赞许）：感知绘画就如同观众透过窗户从单一视点注视；意识到在这虚拟的窗户中，所有物体的尺寸都根据它们间的相对距离成比例地显现出。

塔科拉新的生涯始于他家乡锡耶纳的公路和供水系统的修建。随着其能力与雄心的增长，他寻求更有名望的职位，成为神圣罗马皇帝的工程师，他将于1433年到访这座城市。这次事件促成了他两部最著名的插图论著的第一部，《论动力》[*De ingeneis*]，开始于1427年前后。[3] 他的第二部论著，有时称作《论机械》[*De machinis*]，而更确切的说法是《论军事》[*De rebus militaribus*]，于16年后写成。[4] 塔科拉用刻板的公证式拉丁语写作，并为两部书籍的文本配有出自他本人之手的近200幅插图。

---

1 关于塔科拉的生平和时代，见贝克[J. H. Beck]；塔科拉（1）；斯卡利亚；普拉格；普拉格/斯卡利亚（2）；诺布洛克[Knoblock]（1），（2）；戴根哈特[Degenhart]/施密特[Schmitt]/埃伯哈特[Eberhardt]和埃杰顿的评论。

2 普拉格/斯卡利亚（2），第11—12页。

3 现存的两份手稿，Clm. 197、pt. 2，包括卷1和卷2，藏于慕尼黑巴伐利亚州立图书馆；以及Palat. 766，包括卷3和卷4，藏于佛罗伦萨国家图书馆。慕尼黑手稿文本（但不是全部插图）载于戴根哈特/施密特/埃伯哈特的著作。第二份手稿的完整副本由贝克编辑；见塔科拉（1）。手稿与插图（很小）由普拉格/斯卡利亚（2）以英译本出版，亦见罗斯[Rose]（1）。

4 原版手稿为藏于巴伐利亚州立图书馆的Clm. 28800。它已以副本出版，见塔科拉（2）。两个不同版本，属于部分复制本，纽约公共图书馆的Spencer 136以及巴黎国家图书馆的Cod. lat. 7239，已根据慕尼黑手稿整理并由诺布洛克（2）出版了完整版。第三种部分复制版是藏于威尼斯圣马可图书馆的Lat. 2941。

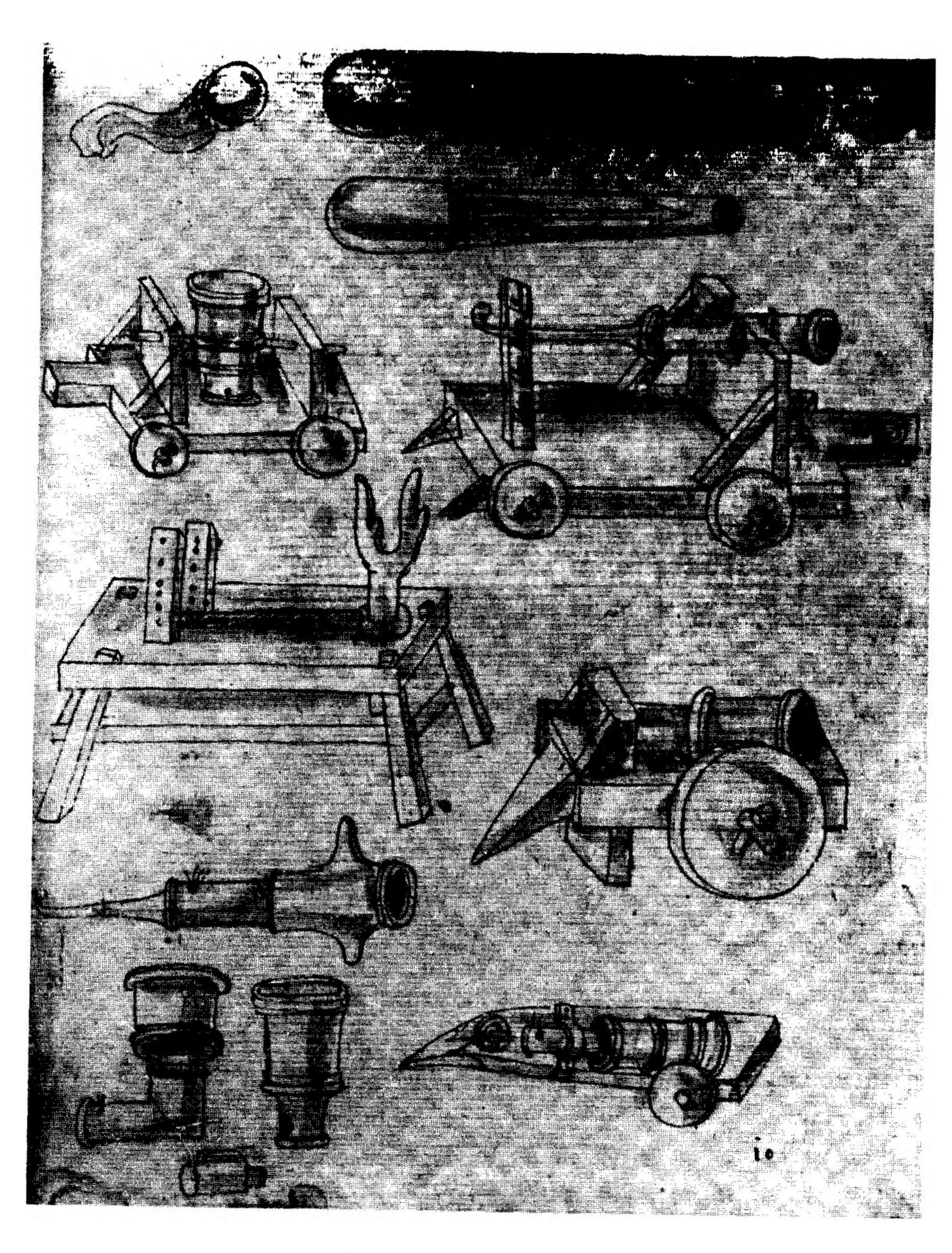


图4－11　塔科拉《论动力》插图，约1427年，fol. 10r

127
128

图4-11是《论动力》中的一页，表现移动加农炮的设计，这一武器很快会改变传统战争的进程。在右上角我们看到，他试图描绘枪筒与左边的弹药室相分离，而前方的炮弹似乎在飞行中。这也许是现代工程师所谓的“部件分解图”的最早事例，现今仍在使用中的最常见制图规范，揭示一台复杂机器的部件如何协同工作。[1]

布鲁内莱斯基的透视赋予了艺术家在图画空间中搁置重力法则的特别权利。了解这些法则的艺术家（塔科拉当然也了解，即使他时常忽略它们）可以想象像炮弹这样的实体物不合常理地漂浮着——当然，只要他依照几何光学法则描绘它们。尽管塔科拉在美学意义上只是一个平庸的画家，他对一个人在透视图画中看到这样的物理异常时心之眼的心理反应却很敏感。如塔科拉知道，要是他将炮弹画得跟大炮一样大，并将它们描绘成差不多被同一光源照亮，观者必定会认为炮弹可以装入炮筒；要是它从炮嘴出来了，它就能回到里面。

我们还留意到塔科拉将分离的火药舱接头描绘成同样能塞入炮筒后膛的镗孔中。事实上，他试图创造另一制图规范，以让他人研究在两个连锁圆筒末端的功能组件，即使它们在单个侧视图中通常难以同时看见。尽管看起来塔科拉只不过回到旧时的扁平画法，但他并不幼稚。在此我们看到的是有意违背透视法则，从而使观者可以想象现实中难以见着的物体。这一制图规范出现于塔科拉及其追随者弗朗切斯科·迪·马丁尼的全部笔记簿草图中，但也许它看起来确实过时了，后来的工匠-工程师们不屑为之。在16世纪初，他们以这一规范的变体——旋转剖面，也达到了同样的效果，这样的事例我们适当的时候会考虑。

塔科拉创造规范的天赋才能，在这早期的论著中并未消退。他似乎还是首位发明另外两种有效方法，即透视短缩法和明暗法，来表现复杂结构的三

1　为方便起见，我借用了弗伦奇［French］/斯文森［Svensen］的现代工程制图术语。

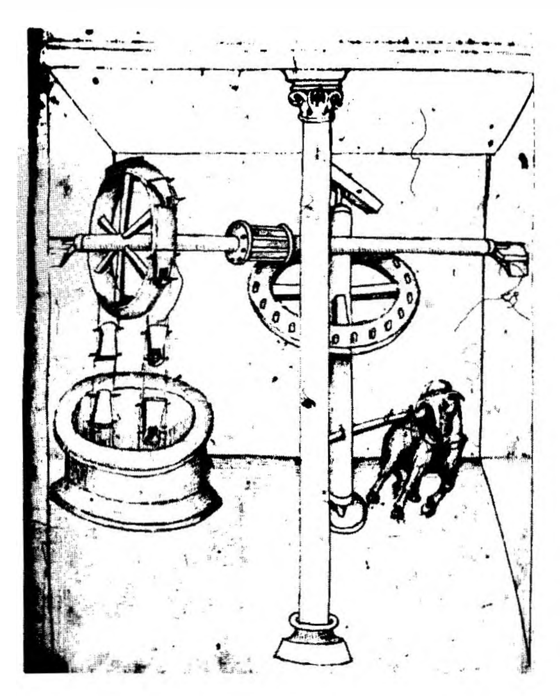


图4-12　塔科拉《论机械》插图，fol. 96v，约1443年

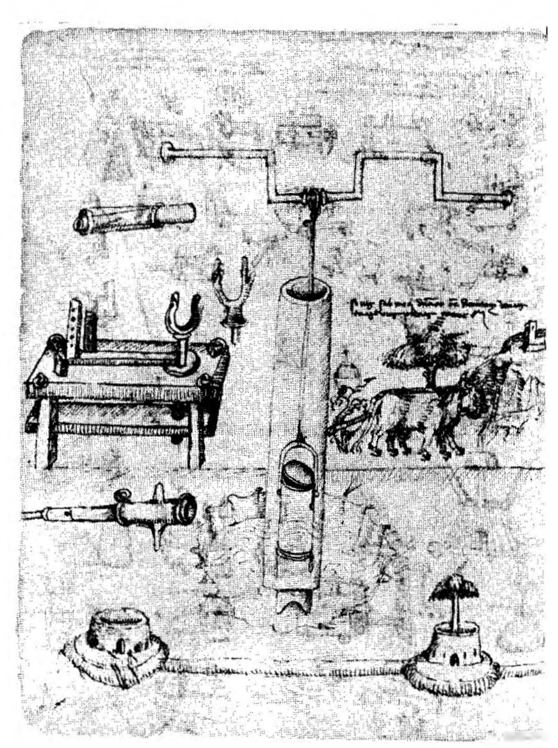


图4-13　塔科拉《论机械》插图，fol. 82v，约1443年

组内部构成的人。图4-12图解了马拉绞盘和链斗式提升泵。塔科拉解决了他的设计难题，它再次与垂直地传递旋转动力有关，通过想象这结构位于一个开放式房间内，房间墙面与一根圆柱合宜地置于前端，让他可以展示该设备是如何由四方支撑的。这是今天所谓的剖视图或是建筑师口中的透视剖面图的初始版本。比如，将塔科拉的草图与图4-7中类似想法的齿轮驱动的磨坊做比较。那位无名艺术家也试图表现他的机械，像是安装在某种木工制的框架上，但因为没有显示出纵深，人们难以明白（对于塔科拉的，也是一样不明白）是什么控制齿轮传动机器上的磨，或者与驱动传动机器的踏车相关的那个人坐在哪里？

图4-13或许是现代工程师所谓的透明视图的首个范例。塔科拉在此图解了一种用于矿井排水的新型抽吸泵。由一段空心木头或金属管构成的这种装置垂直地插入水坑中。管内有一贴合的活塞，同样中空但被覆以铰链瓣阀，可以下降。当活塞下降到水中时，里面的空气由打开的瓣阀排出。当活塞被提起时，瓣阀关闭，产生吸力让水随着活塞升到顶部喷口。[1]

剖面图和透明视图这两种制图规范，让我们无须制作三维模型就能了解到其内部构造的样子。仅仅增加一点透视和阴影，塔科拉就能将模糊的轮廓线转变成透明的三维体量，让我们看到内部并理性地认识机器关键而隐蔽的活动部件——它们与功能的紧密联系，就如同上帝神圣的“种”与圣母马利亚的受胎一般。

而塔科拉抽吸泵设计中的一处缺陷表明，他很可能从未实际检测过这一装置。[2] 例如，我们注意到图4-13中的活塞，通过直接系于曲柄弯曲处的绳子来升降。如果这个曲柄发生转动，活塞就会振荡，每次上下冲撞中，一会儿从这一侧，一会儿从另一侧靠向圆柱，这样会迅速消耗水源，减少吸力，

1　塔科拉还不可能了解水在真空泵中上升的物理原因。它因大气压力而上升的事实是在17世纪被发现的。因此，通过真空泵提升水的高度不可能超出32英尺；见夏皮罗，第574页。

2　夏皮罗声称塔科拉是真空泵的实际发明者。我没有见着明确证据，他只是第一位将这个装置复杂的内部运行绘成一幅清晰易辨的图画的人。



图4-14　弗朗切斯科·迪·乔治·马丁尼，《耶稣的诞生》（局部），1475年，锡耶纳美术馆

并最终导致水泵停止工作。

有趣的是，正是弗朗切斯科·迪·马丁尼发现并纠正了这一错误。事实上，塔科拉的若干原始图样传给了弗朗切斯科·迪·乔治，他似乎于15世纪下半叶承袭了塔科拉的业务。[1] 弗朗切斯科·迪·乔治也看过古罗马维特鲁威的《建筑十书》手稿并推崇备至，激起他不仅要成为第二个阿基米德，还要成为维特鲁威再世的雄心。而且，他是位比塔科拉更具天分的艺术家；实际上他是15世纪锡耶纳画派的杰出代表。图4-14是其作品《耶稣的诞生》［*Nativity*］的局部。尽管不如莱奥纳尔多那般优雅，但一样地精于透视与明

1　塔科拉与弗朗切斯科·迪·乔治的关系——后者是否塔科拉店中的徒工［*garzone*］，逐步成为熟练工然后接替师傅的事务——尚未确定。关于弗朗切斯科·迪·乔治确实拥有塔科拉的笔记簿，见米凯利尼-托奇。关于弗朗切斯科·迪·乔治的工程学，见奥尔斯基［Olschki］，1:119—136；吉勒，第101—121页。

暗对照法，这可以从他描绘的两位天使的脸上看出，尤其是她们脸颊下的反射光。弗朗切斯科·迪·乔治对光学的沉迷在突出的光轮上也很明显，他所绘制的光轮宛如金属镜，反射出天使后脑的头发。

作为一位工程师，弗朗切斯科·迪·乔治在画满数百幅草图的几本笔记簿上记录了他的想法。[1] 不像导师塔科拉，乔治用意大利语书写文本，并包含大量超前的古典建筑设计，这些如今都得到建筑史家的很多研究。而他的大多数草图都与民用和军事工程有关，令人惊讶的是这些草图得到的研究相当少。[2]

15世纪70年代，弗朗切斯科·迪·乔治开始为一部有关建筑与工程的正规论著的至少三个副本写作并绘制插图，其中一部献给他的庇护人，乌尔比诺公爵。[3] 他还设法收入了如何设计线性透视图的简短课程，但没有归功于布鲁内莱斯基。[4] 尽管如此，他的大部分文本和草图仍专注于14世纪以来欧洲工匠－工程师们通常关注的：防御工事、进攻性武器、水力学，以及对用来牵引、提升和研磨的传送与升降机械装置的改进。显然他的竞争对手易于获得这些手稿。他的解决方案非常受推崇，以至包括莱奥纳尔多·达·芬奇在内的许多工匠－工程师都肆无忌惮地抄袭。正如拉迪斯劳·蕾蒂［Ladislao Reti］所论述的，迄至17世纪弗朗切斯科·迪·乔治·马丁尼一直是西欧最具影响

1 弗朗切斯科·迪·乔治的主要手稿现今可见于梵蒂冈图书馆（Cod. Urb. lat. 1757）；伦敦大英图书馆版画与制图部（MS. 197 B 21/1947–1–17–8）；锡耶纳市图书馆（S IV 4）；佛罗伦萨国家图书馆（Cod. Mag. II. I. 141）；佛罗伦萨洛伦佐图书馆（Cod. Ash. 361）；都灵热那亚公爵图书馆（Cod. Saluzziano 148）。许多其他单独的图画和同时期剽窃的副本现存于世界各地图书馆中；见吉勒，第251—251页，有部分目录。

2 弗朗切斯科·迪·乔治最有趣的素描簿——即他个人的笔迹藏品，他差不多随身携带在口袋中以备工作之用，如梵蒂冈图书馆小型的Cod. Urb. lat. 1757和伦敦大英图书馆的MS. 197B 21/1947–1–17–8这些尚未出版的作品。幸运的是，路易吉·米凯利尼－托奇对梵蒂冈手稿的细致研究正在印刷中。大英图书馆手稿的一些页面已被波帕姆［Popham］/庞西［Pouncey］复制过，1:32–38。对弗朗切斯科·迪·乔治关于城市防御体系中军事规划的新近研究，见菲奥雷［Fiore］。

3 佛罗伦萨洛伦佐图书馆的Cod. Ash. 361、佛罗伦萨国家图书馆的Cod. Mag. II. I. 141以及都灵热那亚公爵图书馆的Cod. Saluzziano 148；复制版本见马丁尼（1）和（2）。都灵复制本最为完整的，想必是作者初版［*editio princeps*］用以献给乌尔比诺公爵费德里戈·达·蒙泰费尔特罗［Federigo da Montefeltro］的。关于弗朗切斯科·迪·乔治与费德里戈的关系，见奥尔斯基，1:119—136。国家图书馆和洛伦佐图书馆的两种不完整版本原本为谁而作尚不知晓，莱奥纳尔多·达·芬奇一度拥有后者，并添加了他本人的旁注。关于这些手稿的大致年代，见贝茨［Betts］。

4 佛罗伦萨洛伦佐图书馆Cod. Ash. 361的fol. 32v和都灵热那亚公爵图书馆Cod. Saluzziano 148的fol. 33r；马丁尼出版（1），1:139—140。关于这段文字的分析，见帕龙基（2）。



图4-15　弗朗切斯科·迪·乔治·马丁尼的《论著》，fol. 26v，约15世纪70年代，佛罗伦萨洛伦佐图书馆

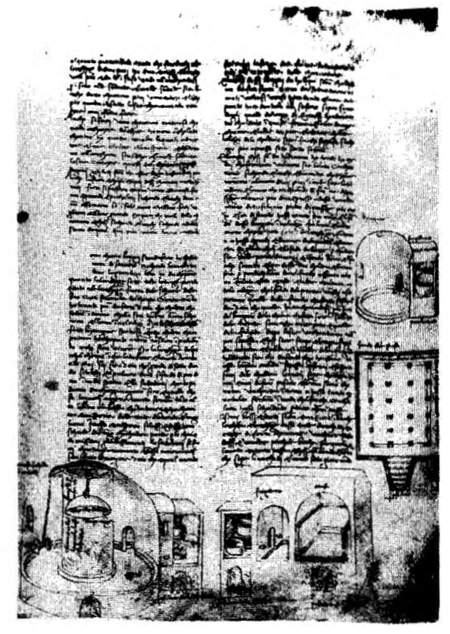


图4-16　弗朗切斯科·迪·乔治·马丁尼的《论著》，fol. 23r，约15世纪70年代，佛罗伦萨洛伦佐图书馆

力的工程师，而且耶稣会士还将他的理念传播到了中国。[1]

图4-15及图4-16出自佛罗伦萨洛伦佐图书馆的弗朗切斯科·迪·乔治精版论著中的两页面，曾为莱奥纳尔多所有并加了注解。这两张草图原本是以蓝、红、绿的水墨着色。在这些插图中，我们尤其确定它们受惠于塔科拉的规范。在图4-15中，弗朗切斯科·迪·乔治在左上部分将分解图用于水管连接的设计。在页面底部，他绘制了一幅粗笔触的透明视图，以示如何加固曲折的地下隧道并在其内部进行标高测量。

在图4-16中，我们注意到他对塔科拉剖面图的应用。通过这种规范，他设计了一座罗马风格的浴室，包括高温浴室［*caldarium*］、温水浴室［*tepidarium*］、

1　雷蒂。亦见本书第八章。

冷水浴室［*frigidarium*］，以及一个可控的水暖系统。他将这些功能都纳入一座整洁的多层建筑物中，并以适当的明暗法绘出建筑物，以显示人体尺寸的纵深。有了这样的剖面图，观者便很容易地想象自身从一个房间走到另一个房间，甚至在脑海中以其他方式重组房间。令人惊讶的是，15世纪建筑师对这种制图规范方法的重视很迟缓，而艺术史学家则疑惑何时、经由何人引入这个概念。[1] 就我所知，它的产生似乎与建筑师无关，而与工匠-工程师有关。弗朗切斯科·迪·乔治特别将它运用于建筑与工程制图中。

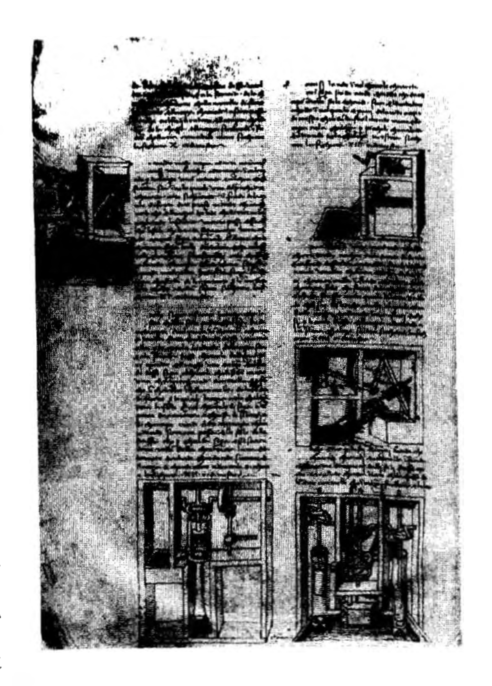


图4-17　弗朗切斯科·迪·乔治·马丁尼的《论著》，fol. 42v，约15世纪70年代，佛罗伦萨洛伦佐图书馆

在另一工程图页面（图4-17）中，我们注意到弗朗切斯科·迪·乔治对剖面图的创造性利用。在此我们看到许多螺旋与曲柄传动的水泵装置，包括右下侧的双往复式瓣伐泵。他将这些机器置于同类开放式盒形小房间内，并精心设置了墙面和地板区分线，这样观者可准确把握各部分是如何支撑的，以及在三维空间的哪一点它们相互连接并与外部的动力源相接。

弗朗切斯科·迪·乔治以这种方式绘制了许多水泵装置的变体（一页又

1　目前已知最早表现这种概念的建筑图的是另一位托斯卡纳“工匠-工程师”菲拉雷特［Filarete］，约在1460年绘制；洛茨在其有趣的论文《文艺复兴建筑图的内部视图》［“The Rendering of Interior in Architectural Drawings of Renaissance”］中讨论了这一主题，第1—41页。菲拉雷特真名安东尼奥·阿韦利诺［Antonio Averlino］，约于1400年出生于佛罗伦萨，约于1469年卒于米兰。他的《论建筑》仅存的完整手稿现藏于佛罗伦萨国家图书馆的Cod. Magl. II IV 140，是献给皮耶罗·德·梅迪奇的。现已毁坏的原稿，本是为米兰公爵弗朗切斯科·斯福尔扎［Francesco Sforza］准备的。佛罗伦萨的手稿已由约翰·斯宾塞［John Spencer］复制副本，见菲拉雷特。Fol. 144r说明了美德之家［House of Virtues］的早期剖面图

一页地)，以至他不可能有时间或资金将其中一些转化为可实用的工作机。事实上，在此我们所看到的都是纸上进行的思想实验。而且，它们是受到制138图的激发。每张草图不仅记录了特定的装置，还揭示了其他隐藏的问题，他在进一步的草图中加以修正。弗朗切斯科·迪·乔治充分意识到制图的力量，甚至建议想要成为建筑师的人学习这种技巧，尤其是如何清楚地表现构造物被外观部分掩盖的内部细节。[1]

我们追踪一个有启发性的实例，它帮助弗朗切斯科·迪·乔治从一系列塔科拉原创真空泵“实验”的透视规范中获取创新能力，他将这一设计的原样复制品记录在最早的笔记簿中，现藏于梵蒂冈图书馆。[2] 他肯定立刻意识到这一设计的固有缺陷，因为在后续页面中，他绘制了替代性的方法，试图以棘轮与杆链的不同组合，在没有摩擦引起振荡的情况下升降活塞。最终他想到一个巧妙的解决办法，他后来在初版的许多水泵设计图中都加以运用，如图4-17右下角草图。

在此我们注意到，他以坚硬的金属杆替代塔科拉的绳子来连接活塞与曲柄。而最引人注目的创新是把金属棒顶部设计成椭圆形圈，在这个圈子范围内，被包在滚动的轧辊辊套内的曲柄臂，转动的时候来回滑动。这样曲柄受139限使得活塞只上下运动，而非摇摆不定。弗朗切斯科·迪·乔治在后续几部手稿中，将这一调整加到真空泵的所有变体上。[3]

---

1 马丁尼，2:483—484：“它对建筑师或是任何想领会本人微技的效果、想对制图技艺略知一二者非常有用，近乎必备，因为没有它便不能理解建筑各部分的构造，而且这种艺术，不止于从书籍与图画中获取的知识与才智，它需要创造力，没有这种能力就不可能成为一名优秀建筑师，因为许多难以描述或教授的事物，仍需要工匠的自我裁量与判断。此外，在各处用作示例的这些图画难以得到全面解释，因为外部表面遮住了内部。不是要增加无数的示例，无论内部装饰完美时外部仍不完美，还是相反。因而绘画和写作都需要创造力来补足。最后，正如我所言，由于创造力对艺术的完美是必备的，许多人已在脑海中用正确比例构造了一座建筑物，却难以开始，因为他们不知道如何以图画形式将其呈现在自己或他人面前。而一旦这些情况得到注意，合理的工作对任何人来说都不是难事。”

2 Cod. Urb. lat. 1757。

3 弗朗切斯科·迪·乔治在此考虑的是，如何有效地将旋转运动传送至垂直力上，而正如小林恩·怀特所认为的，这是技术史上最重要的成就之一；见怀特(2)，第112—116页。附带说一句，弗朗切斯科·迪·乔治的改良泵被频繁地抄袭；如见于宗卡书中1605年的变体，第八章中将讨论。

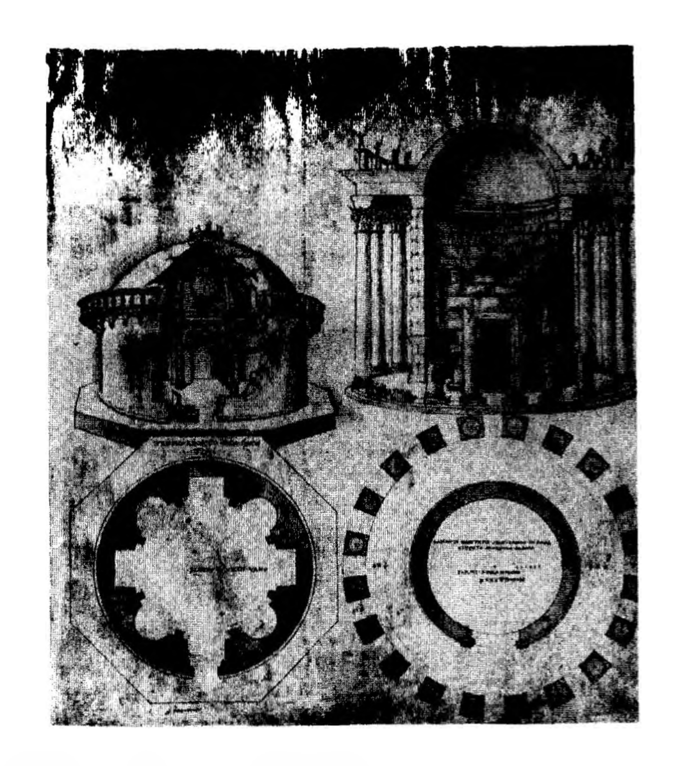


图4-18　此图出自朱利亚诺·达·圣加洛的抄本，Barberinianus lat. 4424，fol. 37r，16世纪

在弗朗切斯科·迪·乔治的追随者和对手中，他的笔记簿对于佛罗伦萨的朱利亚诺·达·圣加洛［Giuliano da Sangallo］（约1443—1516）是有用的。朱利亚诺以文艺复兴时期的成功建筑师（建造了位于佛罗伦萨附近波焦阿卡亚诺［Poggio a Caiano］的美丽的梅迪奇别墅）著称，他还立志成为一名工程师，这可以从他本人现存的图画本中的大量弗朗切斯科·迪·乔治的机械设计复制品上明显看出。[1] 从我们的研究目标来看，朱利亚诺于工程艺术最重要、最具原创性的贡献在于，他将所熟悉的考古兴趣与透视规范化相融合的能力。

图4-18就是他的手稿页面之一，描绘了两座圆形的罗马建筑物，被认作

1　Cod. S IV 8，锡耶纳市立图书馆；Cod. Barberiniano 4424，梵蒂冈图书馆。见博尔西［Borsi］，第317—333页。朱利亚诺的笔记簿副本已由法尔布［Falb］和许尔森［Huelson］出版。

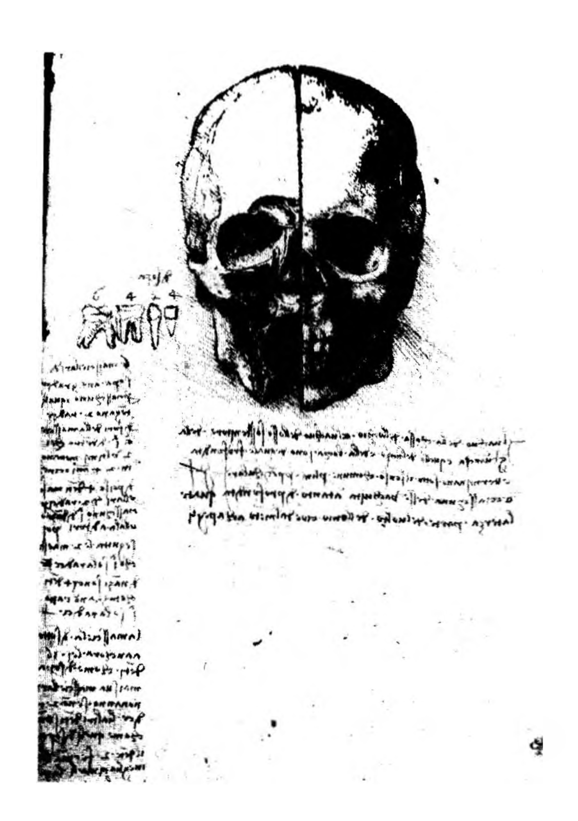


图4-19 莱奥纳尔多·达·芬奇，《解剖图》，1489年，温莎堡皇家图书馆

港口神庙［Temple of Portunus］和牛集的维斯塔神庙［Temple of Vesta al Foro Boario］。[1] 这些草图仅是解释性重构，因为这两座建筑物在16世纪初就已成废墟。然而，朱利亚诺让弗朗切斯科·迪·乔治的透明视图适应于建筑坍塌的情形，以平面图、立面图与剖面图近乎完整地重现了它们。他巧妙地透过被草覆盖摇摇欲坠的墙面缺口，显示了港口神庙的室内部分；以及通过考量残破柱基而作出维斯塔神庙围柱式平面图。如此，朱利亚诺为透视几何学原本的乏味规范增添了些考古学趣味。确实，他的修正频繁地应用于16、17世纪印刷的建筑书籍中。

莱奥纳尔多·达·芬奇也了解弗朗切斯科·迪·乔治的制图规范。我

1 许尔森，图版卷，第39页；文本卷，第54页。

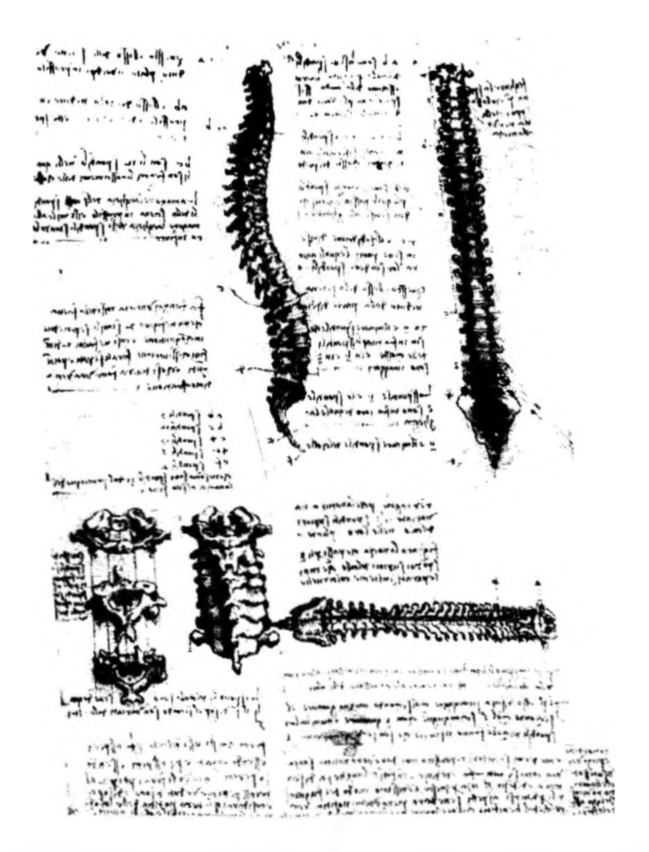


图4-20　莱奥纳尔多·达·芬奇，《解剖草图》，约15世纪90年代，温莎堡皇家图书馆

们没有轻视莱奥纳尔多作为发明家的独特天赋（并再次得到其作为绘图员的非凡能力之助），但必须承认他最重要的工程学贡献，都与他对人体系统的几何学研究有关。事实上，除了圭多·达·维杰瓦诺［Guido da Vigevano］，早期的工匠－工程师从未关注过解剖问题。通过依据塔科拉与弗朗切斯科·迪·乔治的透视法则绘制人体，莱奥纳尔多推断出人体也是机器，像建筑物一样被构造与支撑，并根据阿基米德基本定律活动。

图4-19和图4-20复制了两页他的解剖学研究。[1] 第一幅表现了人类头盖骨的剖视图。尽管这幅著名的图像经常被称作“建筑学的”，意指它源自莱

1　Windsor 19058、19007。这幅温莎堡藏品以副本形式复制于莱奥纳尔多（2）的著作中。关于莱奥纳尔多运用工程制图规范的更多详细讨论，见费尔特曼（1），第202—226页。

奥纳尔多对建筑学的一定迷恋；事实是作为一名专业工程师，他对弗朗切斯科·迪·乔治的工程制图规范的广泛应用前景更感兴趣。[1] 他以这种令人瞩目的方式促进人类头盖骨的分析，同样可能源自弗朗切斯科·迪·乔治的机械设计技巧。

莱奥纳尔多也可能是第一位利用“虚线”规范来表明所绘机械中连接部分的直线排列的工匠－工程师。我们看看图4–20左下角的著名事例，他描绘了三段颈椎的分解图，通过四条平行的垂线显示各分开的小面和突起的结合部位。

尽管莱奥纳尔多的线条并非现代工程风格中的点状，但他确实意在表示其对象特殊的、有时不可见的概念特征。矛盾的是，他运用在我们今天看来超前的现代科学方式来解决（就图4–19较低位置的头骨素描而言）诸如灵魂的位置这些中世纪奥秘。一直信奉欧几里得几何学完美无缺的莱奥纳尔多，相信自己发现了这个位置，位于沿着视神经管划出的水平线与穿过颅窝内孔的垂直线正交处。[2]

最后，让我们将莱奥纳尔多装有镰刀的战车的著名图画之一（图4–21）与圭多·达·维杰瓦诺的14世纪战车（图4–3）以及康纳德·基泽（图4–6）的15世纪初战车进行比较。[3] 由于圭多雇用的画家没有任何规范来表示各部分的比例，或是它们间的水平垂直关系，因此他的机械设计仍是无用的扁平状。尽管基泽的绘图者试图运用倾斜的经验性透视，他只是“成功地”使其设计更加令人困惑。而莱奥纳尔多熟练地使用源自弗朗切斯科·迪·乔治的最新工程图规范，力求准确地显示攻击车车轮与齿轮的联动方式，齿轮转而让一组旋转刀片处在适当位置，这样即便战车前行中砍掉敌兵的腿，也不至于碰到驾车马的腿。

144

145

一个让人好奇而又不幸的事实是，无论莱奥纳尔多还是弗朗切斯科·迪·乔

---

1 佩德雷蒂［Pedretti］，第23页，确定头盖骨图的年代为1489年。

2 关于莱奥纳尔多头盖骨图的讨论，见肯普（3），第114—116页；基尔［Keele］，第64页。关于他的颈椎分解图，见基尔，第260页。

3 莱奥纳尔多草图（MS. B，法兰西学院，巴黎，fol. 10r）的讨论与再版，见吉布斯－史密斯［Gibbs-Smith］，第30页。

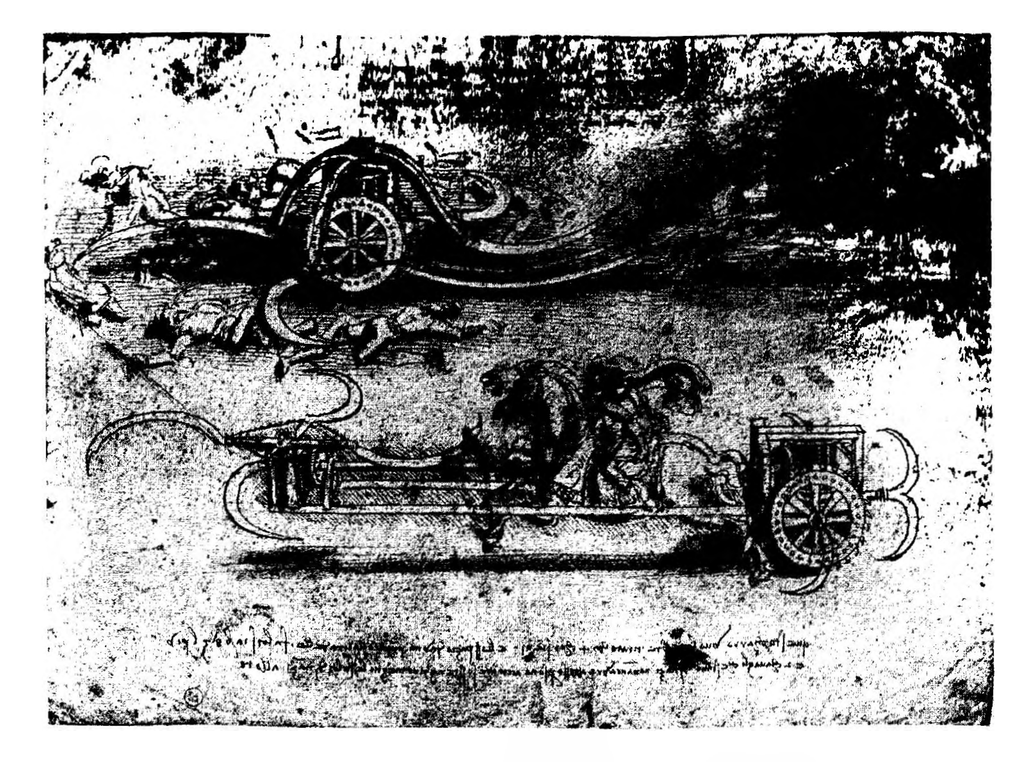


图4-21　莱奥纳尔多·达·芬奇，《战车图》，约15世纪90年代，
巴黎法兰西学院，MS. B，fol. 10r

治·马丁尼的手稿（就此而言，朱利亚诺·达·圣加洛也是），直到他们去世后数世纪才得以出版。对于他们的独创性技能与科学上的早熟性而言，他们从未意识到出版的力量。结果，弗朗切斯科·迪·乔治蒙受了理念被他人剽窃与出版的耻辱，莱奥纳尔多也得重新发明。

而另一事件也妨碍了弗朗切斯科·迪·乔治与莱奥纳尔多的创新的正常传播。那就是1472年罗伯托·瓦尔图里奥［Roberto Valturio］《论军事》［*De re militari*］的出版，这是西欧出版的第一部工程学书籍。[1] 瓦尔图里奥并非一位工匠-工程师，而是一位杰出的古典学者与古物研究者。他的专著基本上

1　瓦尔图里奥。关于这本书的众多手稿与印刷版本，见罗达基维奇［Rodakiewicz］、坎帕纳［Campana］、托埃斯卡［Toesca］。

是一本关于古罗马战争的人文主义册子，很少涉及实际应用。[1] 里米尼的领主西吉斯蒙多·马拉泰斯塔［Sigismondo Malatesta］，声名狼藉的佣兵队长，弗朗切斯科·迪·乔治的庇护人费德里戈·达·蒙泰费尔特罗［Federigo da Montefeltor］的死敌，委托了这项工作。与费德里戈一样，西吉斯蒙多是拉丁学问的倡导者，可以说这一次他确实比其老对手技高一筹，因为瓦尔图里奥的专著在接下来的50年里横扫所有其他工程学书籍的影响力。

讽刺的是，15世纪末如马拉泰斯塔和费德里戈这些前佣兵队长的私人图书馆中真正想要收藏的，不是实用技术方面的专著而是古代战争的传奇式凭据。他们视自己为退休的罗马军团使节［*legati legionum romanarum*］，或是他们更为喜爱的古代军团士兵，“特里斯坦传奇”［Roman di Tristan］的勇武骑士。[2] 瓦尔图里奥的论著对这些梦想极具吸引力，在16世纪它被手抄于紫色牛皮纸上并以金箔彩饰，作为一件特殊礼物献给了科莫西一世·德·梅迪奇大公［Grand Duke Cosimo I de'Medici］。[3]

瓦尔图里奥的文本所附的大量插图，是古代与现代机械的奇怪混合物。如图4-22所示，实际的大炮可以与设计为巨龙模样的奇异攻击塔相结合。瓦尔图里奥似乎还要求插图师有意识地让图像有古风。图4-23描绘了一辆风力驱动的“汽车”变体，15世纪工匠-工程师大力追求这类机械的可能性。然而画家却有意设计成古雅的，有着明显偏小的帆和发散透视的结构，仿佛是图拉真纪念柱上某个场景的复制品。不论有多大的时代错位，瓦尔图里奥的版画在15世纪末深受欢迎，乌尔比诺公爵甚至将这种风格运用到为总督府［Palazzo Ducale］立面设计的一系列浮雕上。[4]

瓦尔图里奥的《论军事》，反映了15世纪后期欧洲对古物的普遍迷恋，在近50年的时间里阻碍了军事与市政工程方面真正实用书籍的出版。此外，

---

1 关于瓦尔图里奥的生平与时代，见马塞拉［Massera］。

2 伍兹-马斯登［Woods-Marsden］。卢卡·帕乔利特别赞美瓦尔图里奥恢复了对罗马军事技术的兴趣；见帕乔利，第37页。

3 MS. Plut. XLVI. 3，佛罗伦萨洛伦佐图书馆。

4 艾默［Eimer］。这些浮雕中的一些甚而归于弗朗切斯科·迪·乔治名下；见罗通迪［Rotondi］等。



图4-22 罗伯托·瓦尔图里奥《论军事》中的一页，1472年

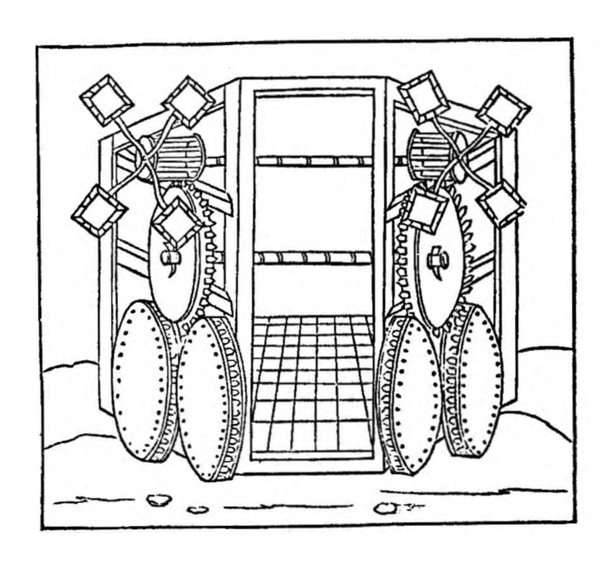


图4-23 罗伯托·瓦尔图里奥《论军事》中的一页，1472年

这部不同寻常的出版物注意到文艺复兴时期消费心理学的基本事实。它表明即便最有益的欧几里得几何学的技术应用，若是通过插图书籍的媒介来推销，也必须根据流行的艺术风格加以“包装”。插画家们不仅需要熟知最通用的图画规范，更要能以恰当的古典形式来表现。

第五章

16世纪印刷的技术书籍中的图像与文字

事物先存于感觉，再存于理智……而就我们的感觉而言，正如智者所论，视觉是至为高贵的。因此，常言所说不无道理，眼睛是通往智识的入口……

——修士卢卡·帕乔利，《神圣比例》[*Divina proportione*]

直到17世纪头十年，欧洲印刷业才开始出版附有弗朗切斯科·迪·乔治和莱奥纳尔多那些精妙插图的科技论著。镌版工和木版雕刻师完全没有必备的技术。几乎耗费近半个世纪，他们方学会文艺复兴绘画和草图中常见的明暗法和透视规则。那些伟大的意大利工匠-工程师因而有充分的理由不让其工作受制于新媒介。

较之16世纪印刷插图的质量本身，我更关注促使出版商及其赞助人支持其改进的压力。事实上，随着文艺复兴的成熟，西欧不断演进的后封建时期上流阶级开始认为他们应该了解些机械艺术。并不是说新富贵族就该热衷于手工贸易，而是他们“位高责重”（为基督教信仰所强化，该信仰认为每个人，尤其是享有特权的精英，有监督上帝的自然法则之责）的新意识，要求理解物质世界中万物的运行方式。这让我们想起英国的弗朗西斯·培根，美国的托马斯·杰弗逊 [Thomas Jefferson]，以及俄国托尔斯泰笔下虚构但典型

的王子尼古拉·博尔孔斯基（Nikolai Bolkonsky）。就我所知，西方的这种独特态度在同一时期其他文明的达官贵族中绝无仅有。

总之，约1520年后，数量空前的精美书籍从欧洲印刷厂源源流出，涉及应用几何学、建筑学、矿业和冶金、烟火制造术、弹道学、水力学、机械学以及其他这类主题的，更不用说人体解剖学、植物学、动物学这类书籍了。

149

其中大多数书卷要是在今天出版的话，会被称作咖啡桌书。尽管书中布满详尽的文字与示意图，它们主要还是吸引了更关注科技观念而非其实际应用的上层阶级读者。最后在18世纪期间，这些书籍经历了反向的蜕变（犹如蝴蝶变回毛虫），实用的手工艺手册专门用来针对工场的工匠。

无论预期的读者是谁，这些论著终于有了高质量的木版和雕刻插图，其中我们谈论过的制图规范最终得到了普遍的理解。同时值得注意的是，插图与文字内容信息高度一致。通常来说，早些时期的作者与出版商或多或少认为图画是加深印象的附属物，只是用来减轻文字栏单调感的装饰物。而在新的印刷物中，文字与图片发挥了在人类交流史上前所未有的一致作用。

在考察这一空前的事业前，我们需要停下来先概括一下西方空间概念的演进，无论图画上的还是感官认识上的，都是一个想象的三维网格结构，其中所有体量都能以直线关系安置。我们还观察到另一重要的数学规则，如同乔托的“窗子”，也是从古代复兴而来，并在15世纪的佛罗伦萨得到改进——制图网格。[1]

同古代的中国、印度与前哥伦布时代的美洲人一样，古希腊人在他们的文明史早期就已学会通过观察太阳每天、每年在天空的运行轨迹来测算时间和方位。迄至公元前1000年，这些古老社会的天文学家-祭司已能确定夏至日和冬至日（太阳在地球地平线上南北升起和落下的最大限度）。也是在那个时间前后，某位天才的古希腊人想到用棍子在地上画个圆代表环绕的地平线。在这个圆周上，他（或她?）设置了四个标记，表示升落的太阳在南北方

1 包括我本人在内的许多人都已广泛探讨过这一主题，见埃杰顿（6）。

位的极限。接下来画两条线穿过这个圆，每条连接各对（南北回归线）。圆的中间，我们的第一位西方制图者用棍子画了一个点，以表明他本人自我中心的视角。他标出了另一条地平线或“赤道”线穿过这个点，经过这点画了一条垂直线，原始的本初子午线。[1]

其他文明也曾类似地将他们的陆地版图比作永久几何形状的天空，但古希腊人走得更远。大约公元前4世纪的另一位天才人物，意识到地球实际上是一个球体，开始将简单的太阳图表看作以360条垂直经线的形式围绕地球延伸，这些经线汇聚于两极，并与相同数目等距的水平线相正交。每两条线的间隔为1°，理论上相当于太阳运行一天的距离，因此与五个标志着季节变迁的天体时刻相应：南北回归线、赤道、极北的北极圈和极南的南极圈。到了公元2世纪，从理论上已有可能（只要有人发现如何计算每一度的长度）精确定位所有的地理标志，并按比例在图表上标明它们各自的距离以及暂时的方位。

由此，古希腊世界地图［*mappamundi*］的演化，并非依据文化上的超自然信仰而来的思想性的或装饰性的世界图画，而是作为一种实践的、广泛应用的方法，通过协调地球上的地点与数学上可预测的天体位置来测量方向与距离。这一系统自古代以来就几乎没有变过，就像欧几里得几何学，至今仍在世界各地使用。

古希腊最重要的地图学校位于亚历山大里亚［Alexandria］，由克劳迪乌斯·托勒密尤斯［Claudius Ptolemaeus］促成，人称托勒密［Ptolemy］（公元2世纪）。年复一年，一个非凡而通用的几何制图系统在他的指导下发展起来。尽管最初的亚历山大里亚世界地图已不复存在，但我们还是从后来拜占庭人和阿拉伯人的解释中大量了解到这项活动。奇怪的是，所谓的托勒密方法直到15世纪初希腊语地图册首次传到佛罗伦萨时，才在西欧广为人知。这些例子只描绘了整个球形地球的一个投射截面，即希腊语所谓的“居住的世

1　关于古希腊制图学的精辟评论，见哈利/伍德沃德，第130—201页。

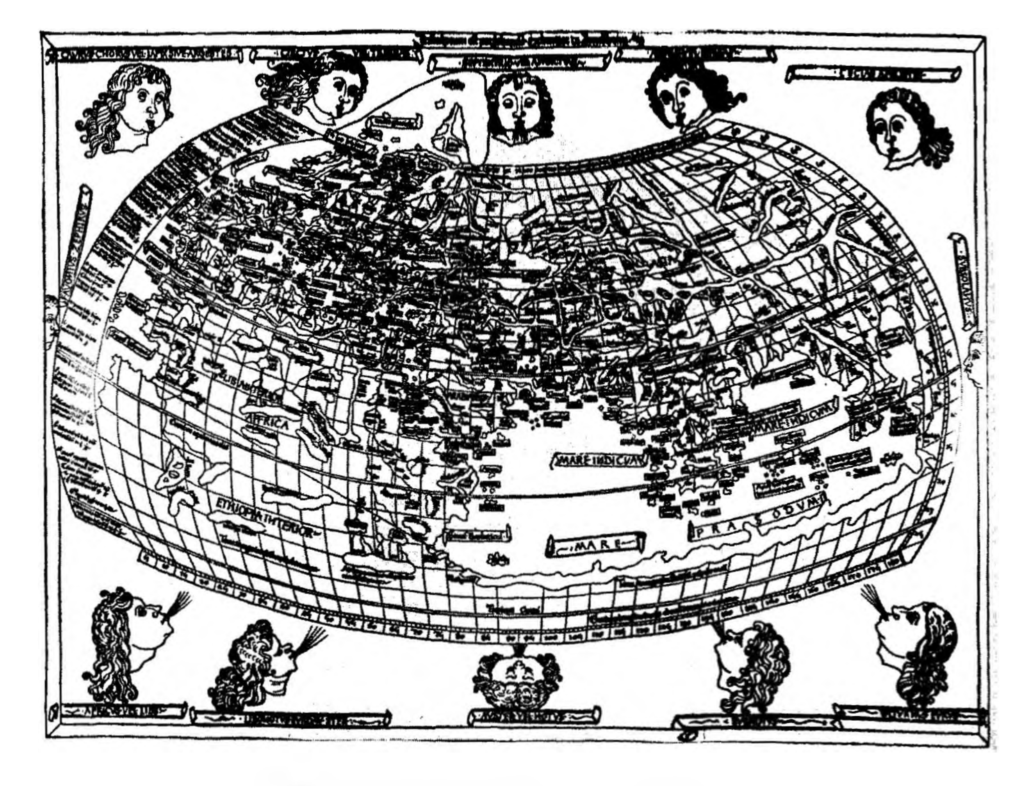


图5-1　克劳迪乌斯·托勒密尤斯《地理学》中的世界地图，1482年

界”［*oikumene*］或“已知世界”，包括约180°的范围，从西班牙西部的“幸运岛”［Fortunate Island］直到中国，以及苏格兰上方“极北地”［Thule］与尼罗河源头以下之间约90°的区域。[1] 然而，它还是明显暗示了更大的陆地与海域。托勒密希望他的二维地图能体现地球的曲率，因此他选取那个球体部分，以示汇聚于两极的纬线和经线继续围绕着“居住的世界”。即使那个时期对其一无所知，未知地域还是会受到这种理性的定量测量的影响。图5-1复制了在西欧首次出现的托勒密世界地图的木刻版画，手工上色的两页面地图，收录在亚历山大里亚新近翻译的拉丁语《地理学》［*Cosmographia*］或《论地

151

1　同上，第184页。

理》[*Treatise on Geography*]中，此书1482年出版于乌尔姆[Ulm]——巧合的是，其中一抄本可能为克里斯托弗·哥伦布[Christopher Columbus]所有。[1]

托勒密地图没有任何一部分被强调具有超自然或沙文主义含义。它的中点甚至不在古希腊文化领域内；它只与在夏至时太阳的非意识形态的、可由数学计算的位置相关。[2] 这一事实对于随后的视觉感知史至关重要，因为直至此时，甚至在随后所有未受古希腊思想影响的文化中，都将世界想象与描述成观者位于中心的样子，离其意识形态观点越远，事物的重要性与内涵就越弱。而在托勒密之后，西欧越来越远离这种以自我为中心的观点看世界。因为托勒密地图的中心没有“居住的世界”的重点区域、外围区域，即便遥远的未知地域，也同样具备数学上的重要性，以及可根据与中心相同的原理进行测量。

哥伦布，不逊于弗朗切斯科·迪·乔治·马丁尼或莱奥纳尔多·达·芬奇的意大利文艺复兴人，可以说是第一位远航的工匠-工程师，以同时代人思考机械草图的方式看待托勒密的网格地图：确信其所描绘的局部对整体的比率，与物质现实相符合。只有通过这种三维的心之眼想象，他才能说服自 152 己及他人，向西航行是可能到达东方的。[3]

托勒密还是世界史上第一位地形测量家、光学仪器制作者或艺术家，我们从他那里获得线性透视的书面描述。他在《地理学》中介绍了三种独特的制图法。其中指导想尝试第三种方法的读者，将天球图画成框住“居住的世 153 界”的一种圆形层。托勒密试图想象出环绕天球的经纬线被透视缩短为椭圆，并从外太空孤立的单一视点来看会是什么样子。这些椭圆的相对厚度与形状取

1 史迪威，第63—64页；有关15世纪托勒密的翻译，见埃杰顿（2），第91—106页，及埃杰顿（1）。

2 原始的本初子午线穿过塞伊尼[Syene]（现为上埃及的阿斯旺[Aswan]），它坐落于北回归线附近，在亚历山大里亚下约500英里处。这一距离及其合适的南北关系，让公元前3世纪另一位亚历山大里亚学者埃拉托色尼[Eratosthenes]得以相当精确地计算出地球周长；哈利/伍德沃德，第148—157页。

3 关于哥伦布这方面的想法，以及托勒密（尤其是佛罗伦萨的托勒密）思想在1492年前对他的影响，见莫里森[Morison]，卷1；亦见埃杰顿（2），第91—123页。

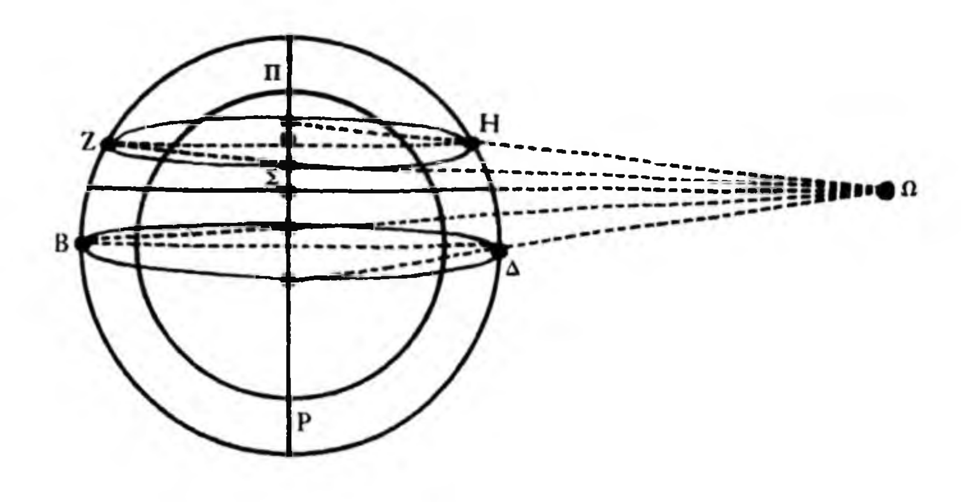


图5-2　托勒密透视法的重构

决于从本初子午线与特定纬线相交的固定距离处往上还是往下看（图5-2）。

用于这一计算的几何学有赖于中心视线，即“视轴线”位于观者眼睛中心与被观测物中心之间的光学原理（见图3-4）。根据欧几里得与托勒密二人的光学论著，这条轴线的长度（观者与物体间的距离）确定了“视角”，它使得根据它们到观者眼睛的距离来决定形式的相应变形成为可能。[1] 托勒密对于仅为说明艺术本身的透视变形并不感兴趣。他将其设想为几种投影法中的一种，以自然视觉中的错觉效果来弥补扁平化的地图表面。他试图找到一种方式使观者能认识到，无论纬线在曲面球体上如何变形，它们间的距离始终不变。不幸的是，后来的拜占庭与阿拉伯复制者未能完全理解托勒密的第三种表现透视的方法，因而在随后的所有手稿或印刷的世界地图中，都不存在它的正确示意图。

托勒密在其地图册中修正过的地理网格，在很长时间里被各种族与文化当作一种装饰图案来欣赏。[2] 此外，这一网格似乎在心理上与人类视觉运行的

1　有关托勒密的透视学论著，见勒热纳；埃杰顿（2），第68—69页。
2　见埃杰顿（6）；亦见潘诺夫斯基（6），第55—108页。

方式有些相关。现代科学家已确定、极小的婴儿都能通过对网格表面透视的密度梯度的与生俱来的判断来感知远近。[1]

尽管如此，佛罗伦萨仍是最先接受托勒密网格图的西方文化中心。1400年后，这座城市成为了主要的书房，译成拉丁文并配上精美的手工着色插图的复制本（明显强化了托勒密网格的感知/概念特性）从这里传播至整个欧洲。[2] 布鲁内莱斯基与莱昂·巴蒂斯塔·阿尔贝蒂，都是土生土长的佛罗伦萨人，他们有着充足的机会来熟悉托勒密系统（无论他们是否已从其他经验中意识到这种网格）。无论如何，它在佛罗伦萨的重现，赋予了它特别的（甚至可说是爱国的）荣誉。因此，布鲁内莱斯基与阿尔贝蒂均将其用于构造前所未有的古罗马建筑物地图这一事实，也许不只是个巧合。[3] 阿尔贝蒂尤为这种网格所吸引，决定作进一步的修正，以作为画家使用的一种特殊构图方法。以下是他的相关描述：

> ……我相信没有什么比“纱帘”[*velo*]更为方便的了，在朋友间我称之为[视角锥]的交叉，而我是第一个发现其用途的。方法如下：由细线稀疏织成的纱帘，染上你喜欢的任意颜色，再用粗线随意分割成许多相同的方块，并绷在框架上。我将这块纱帘置于眼睛与待表现物体之间，这样视觉锥就能穿过稀疏的纱帘。纱帘的这一交叉益处多多……

1　这是埃莉诺·吉布森［Eleanor J. Gibson］和理查德·沃克［Richard D. Walk］的著名“视觉悬崖”［visual cliff］实验揭示出的；见皮克，第63—87页。

2　见埃杰顿（6），第91—106页。

3　根据安东尼奥·迪·图乔·马内蒂的记述，布鲁内莱斯基在羊皮纸上绘出了某种网格，顶部和侧边有坐标数字和字母，他在上面图解古代建筑物；见萨尔曼（1），第52—53页；埃杰顿（2），第120页。阿尔贝蒂1430年前后担任教皇秘书时，对网格作了圆形修正，以绘制罗马城地图。他在一本名为《罗马城》［*De Urbis Romae*］的小册子里描述了这一网格，见埃杰顿（2），第118—119页。阿尔贝蒂应当是让制图师站在卡皮托尔山［Capitoline Hill］上，并通过他发明的类似经纬仪的仪器来固定城市的罗盘方位。这些方位随后出现在比例图上，显示出以他在卡皮托尔山为中心的圆形“地平线”。地平线圆周被等分为不同度数，各度数通过经线与中心相连。这些经线反过来又被等分平行线划分，由此得到一个巢状圆形网格。依靠卡皮托尔山上的经纬仪，阿尔贝蒂可以确定任意地标的方位，在地图上最靠近的经线上标出它的位置，然后步测出它到中心的距离，并标在最靠近的平行线上。他这样便得到一组罗马城各建筑和街道的地图坐标。

> 你知道如果物体不能持续地呈现相同的方面，想要画出来是多么地不可能……你同样知道，如果中心光线的距离和位置改变了，那么被看物体也会有所不同。因此，纱帘将带给你如我说过的不小益处，也即被看物体总能保持相同的面貌。另一个益处是，可以很容易地在画板上准确地画出画面的轮廓和边界；如你所见，额头在一条平行线上，鼻子在下一条上，脸颊在另一条上，下巴在下面的那条上，其他一切各有其特定的位置，由此你就能在已等分的画板或墙面上准确地安排所有的相貌特征。最后，这块纱帘在完成图画时给予你极大的帮助，你可以看见所有物体圆形地、浮雕状地显现于纱帘的扁平面上。[1]

“纱帘”的使用不仅使画家更轻松地将小稿上的细节按比例移至更大的画面上，更重要的是，它还能训练画家以及随后的观者去“看见”自然潜在的几何学，即上帝在创世纪时（当时基督徒可能的解释）设想的“现实”的原型。图5-3是一幅16世纪的木版画，表现了“纱帘”的工作方式，出自1531年由希罗尼穆斯·罗德勒［Hieronymus Rodler］与巴伐利亚的约翰二世［Johann II of Bavaria］合著的印刷书籍中。不仅艺术家甚至连德国君主都有足够的兴趣去论述阿尔贝蒂的观念这个事实，表明了它在文艺复兴时期的深远吸引力。

阿尔贝蒂首次揭示了人类知觉中这一概念的强大作用。人们甚至可以用它想象纯抽象的、没有具体模型的三维虚构房间，四周是成比例的垂直面，然后再逐点地按比例以透视法绘出。画家只需想象这间房固定在他眼前，这样扁平的网格（房间的近侧）便对应在画平面上。然后他在网格上标出适当坐标的点，那里墙角、天花板和地板看起来像是排成一行。

在阿尔贝蒂构建的空间中，虚构的地面被看作投射的水平网格，或地板［*pavimento*］（当镶嵌瓷砖频繁地用于当时的房屋后，便这样称谓）。地板的

1 阿尔贝蒂（1），第68—69页。

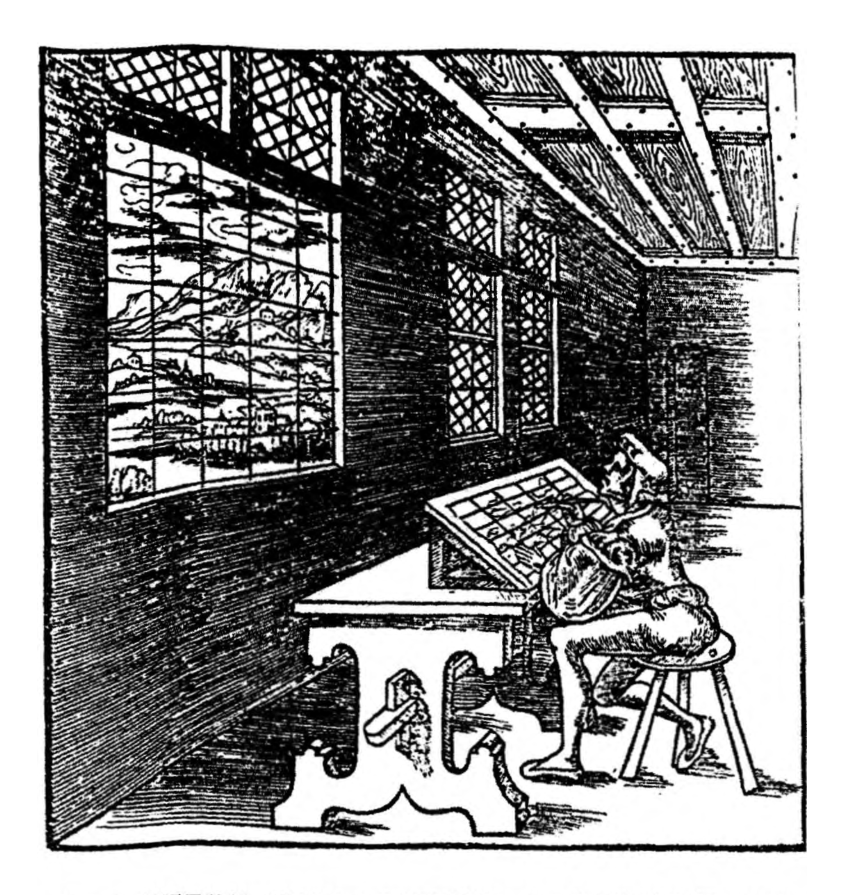


图5-3　希罗尼穆斯·罗德勒与巴伐利亚的约翰二世合著中的透视插图，1531年

多块正方形（看起来像后退而宽度变小）为房间内放置其上的所有物体的尺寸提供了模数，如图5-4。甚至圆形物体也可用这种方法投射，如阿尔贝蒂所述：

> 我的做法如下。我在画板上绘一矩形，将其边分成多个部分，就像地板的基线。然后从这些分割点画线与对面分割点相连，我用小矩形填满这个区域。在它上面我画上所需大小的圆，这样圆与平行线相交。我准确标出所有交点，然后在画面地板上它们各自的平行线上标出这些位置。但要在这许多的地方用近乎无限数量的小平行线分割整圆，直到圆

158

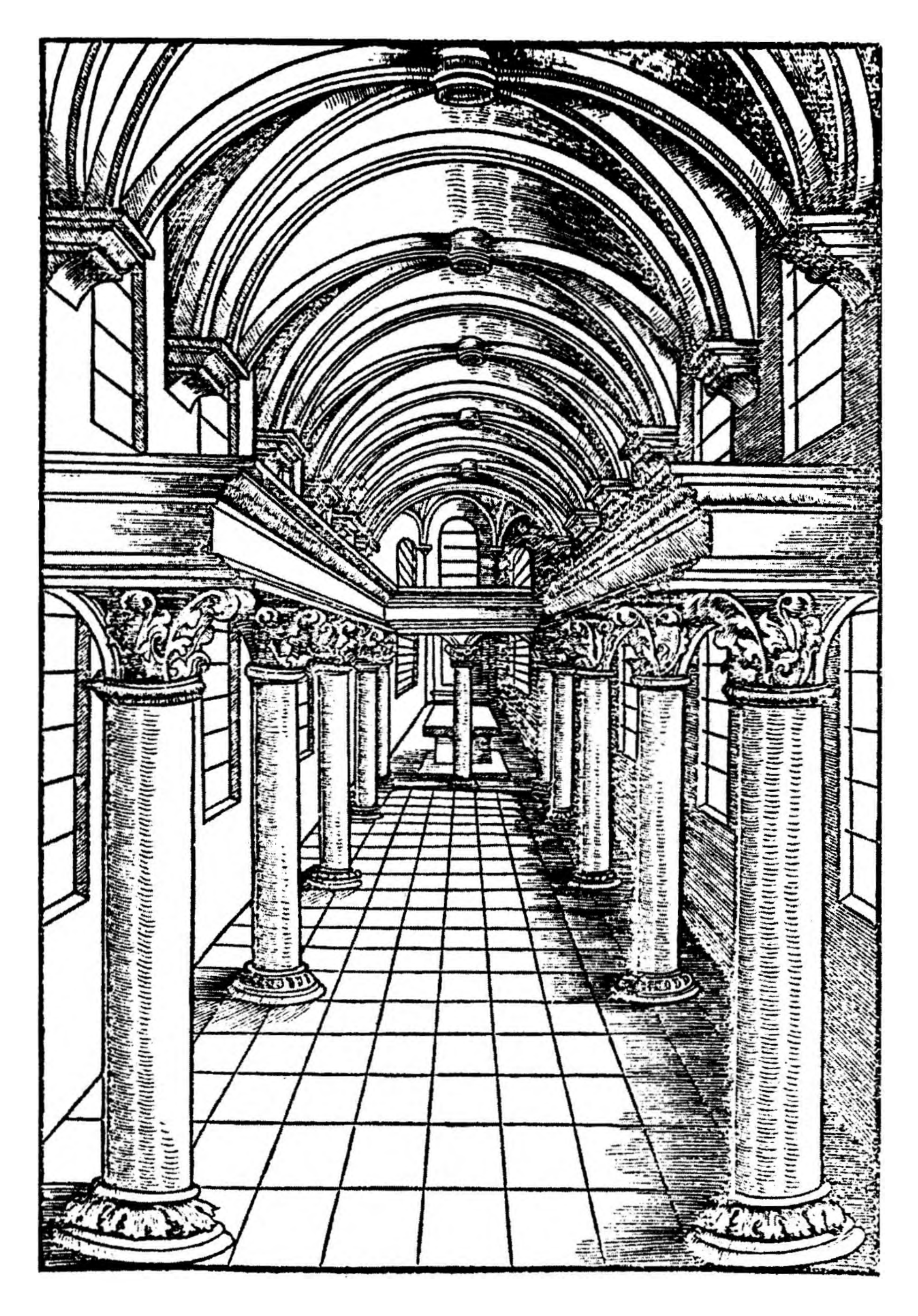


图5-4　希罗尼穆斯·罗德勒与巴伐利亚的约翰二世合著中的透视插图，1531年

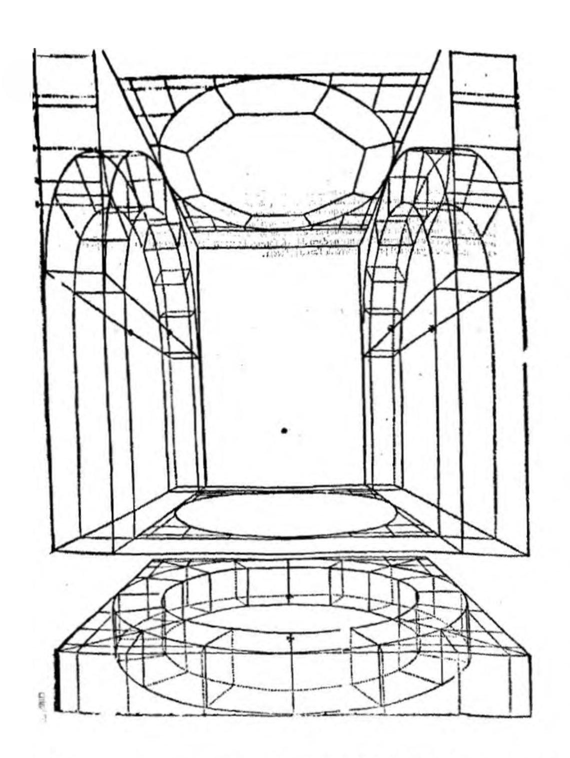


图5--5 塞巴斯蒂亚诺·塞利奥绘制的透视插图，1540年

的边缘用大量连续的点标出，工作量巨大。当我标出8个或其他适合的交点数量，我便运用自己的判断，在画上画出接近那些标志的圆形轮廓线。要是产生阴影的物体正确地置于恰当位置的话，也许根据灯光投影来描绘这一轮廓更为快捷。[1]

图5-5再次图解了在16世纪曾被解释过的阿尔贝蒂制图法，这次是由塞巴斯蒂亚诺·塞利奥［Sebastiano Serlio］绘制，一位伟大的印刷建筑书籍的监制人。也许在人类视觉交流史上还没有其他规范，比这个结构更有益于人类感知的了。它不仅让眼睛感知不同距离中不同物体的比例大小关系，还能

1 阿尔贝蒂（1），第72—73页。



图5-6　归于保罗·乌切洛名下的透视图，约1435年，乌菲齐博物馆

感知每件物体（包括那些未暴露在外的物体）所有面短缩的具体数量。即便（如阿尔贝蒂所述）用明暗法绘制出浮雕感可能更简单，但透视网格提供了精确的几何原理。

事实上，尽管如此声称，阿尔贝蒂并非第一位试验这种新想法者。马萨乔（1401—1428）在1435年之前几年，在佛罗伦萨的新圣马利亚教堂的《圣三位一体》（图3-1）湿壁画中，就利用"纱帘"绘制马利亚的脸。[1] 阿尔贝蒂的同时代人、佛罗伦萨画家保罗·乌切洛［Paolo Uccello］（1396/1397—1475）有着相似的发现，通过将圆柱体表面表现为似乎连续的曲面网格，同样可以获得凸起浮雕的错觉。我们可以从一系列归于他名下的著名草图中观察到这一效果，尤其是一幅流行于15世纪被称作"马佐基奥"［mazzocchio］的女帽设计图（图5-6）与一幅圣杯设计图（图5-7）。

到了15世纪60年代，罗马天主教会接受了这个观点，认为不只神圣构成的天国是一个巨大的网格状球体，地球在亚当堕落前的原初本质上同样也反映出这种网格模样。教皇皮乌斯二世［Popu Pius II］（1458至1464年在位）授予托勒密的《地理学》官方出版许可［*nihil obstat*］并写下了冗长的评论。

1　见这一细节的侧光照片，仍能显示出刻下的网格线，见波尔策［Polzer］。



图5-7　归于保罗・乌切洛名下的透视图，约1435年，乌菲齐博物馆

数年后，教皇西克斯图斯四世［Pope Sixtus IV］（1471至1484年在位）想在新西斯廷礼拜堂［Sistine Chapel］底层内墙上，饰以宣传圣彼得继承的湿壁画。佩鲁吉诺［Perugino］绘制的主场景表现了基督在似乎代表着神圣空间的方形广场上，将钥匙交给圣彼得。而在1504年，佩鲁吉诺的学生乌尔比诺的拉斐尔・圣齐奥［Raphael Sanzio of Urbino］再次将同样的网格理念用于《婚礼》［*Sposalizio*］或《圣母婚礼》［*Marriage of the Virgin*］的神圣场景（图5-8）。拉斐尔后来成了西克斯图斯侄子教皇尤里乌斯二世［Pope Julius II］（1503至1513年在位）的宫廷画师。换言之，到这个世纪末，服务于教廷（如果不是教皇个人的话）的艺术家都认为这是当然的，即阿尔贝蒂的“地板”与托勒密的网

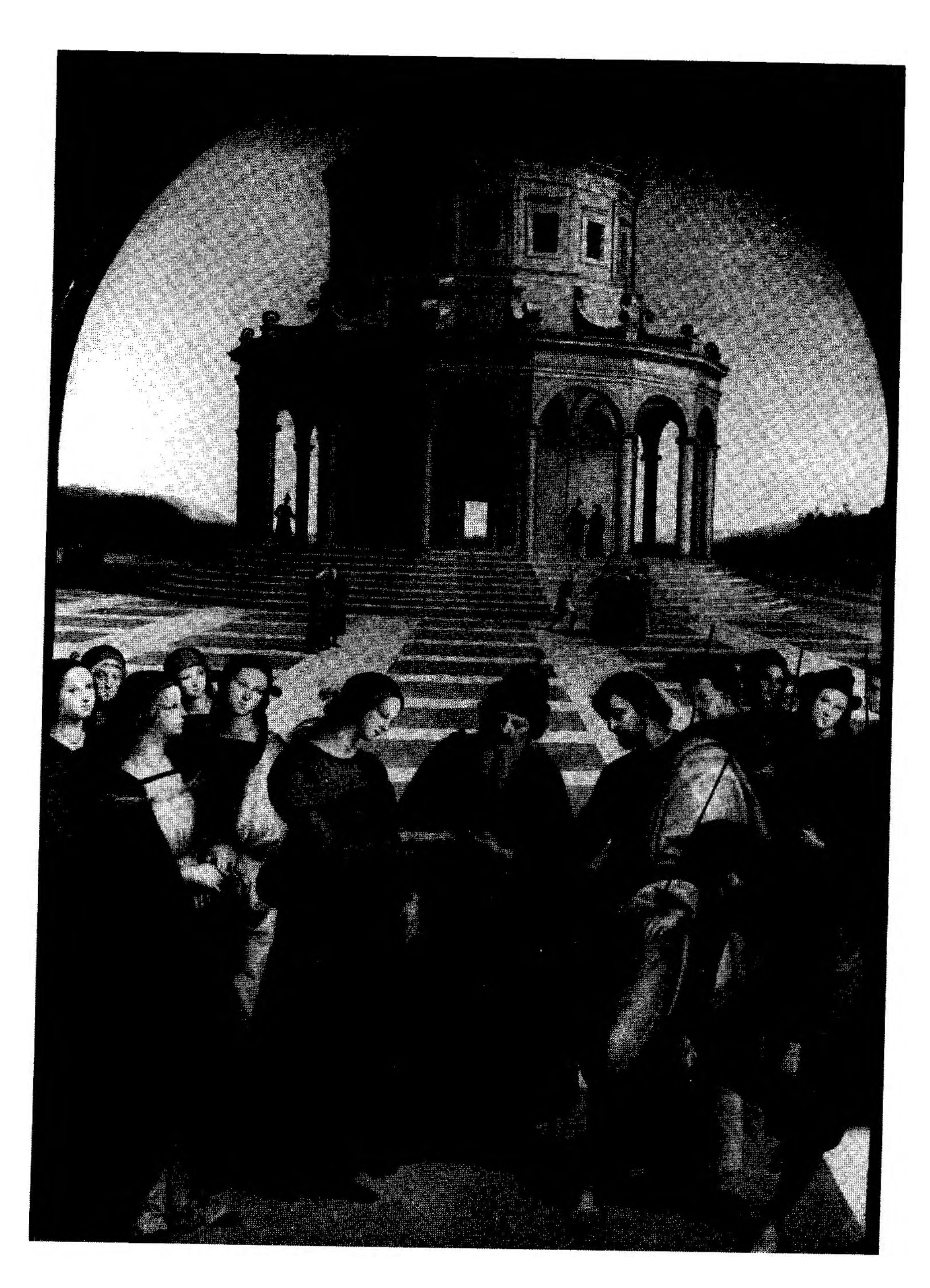


图5-8　拉斐尔，《婚礼》，1504年

格一样，不仅适于描绘地球，也适于描绘神圣的人体表面。[1]

15世纪期间，没有艺术家比皮耶罗·德拉·弗朗切斯卡（1410/1420—1492）更着迷于这种非凡能力了。他发现网格尤适用于他本人对欧几里得立体几何学的研究。事实上，皮耶罗在15世纪80年代如此痴迷于此，在以乌尔比诺公爵费德里戈·达·蒙泰费尔特罗的宫廷画家身份退休后，他甚而决定撰写这个主题的学术论著。其中就有他著名的《论绘画的透视》[*De prospectiva pingendi*]。[2] 不太为人所知但对于数学史重要得多的是他1485年前后撰写的一部著作，题为《五种正多面体》[*Libellus de quinque corporibus regularibus*]。这是对所谓的五种正多面体即四面体、六面体、八面体、十二面体和二十面体的附插图评注，欧几里得《几何原本》13—14书描述过这些多面体，柏拉图已表明它们都内切于球体。[3] 皮耶罗费尽心力设计的这些复杂多面体及其不规则变体（其中一个有72条边），恰如乌切洛对于透视的极度好奇。[4]

正如我们所见，15世纪末印刷机的出现，并不一定促进这些新透视规范的及时传播。毕竟，在天文学文本中的扁平图表无须看起来像天空中实际所见的样子。博学的天文学家与受过训练的石匠一样，不赖于图画而继续开展

---

1 自13世纪起，欧洲人沉迷于当初“伊甸园”定位的可能性。此外，那个地方与“新耶路撒冷”以及托马斯·摩尔［Thomas More］和托马索·坎帕内拉［Tommaso Campanella］这些空想家16世纪期间开始向热心读者描绘的其他乌托邦的当时图像，遵从着佩鲁吉诺当初图像志的一般原则。也就是说，根据定义，理想城市必定是对称的、正交的，其基本平面图以模块网格的形式或同心圆的形式绘制。几何学的笔直与道德的正直之间同义性的古老观念在西方人意识中根深蒂固，人们理所当然地认为任何有幸生长于几何秩序环境中的人，在道德上要优于那些生活在不规则乡村的曲折小道上的人。托马斯·摩尔认为这种几何化布局能够减轻城市居民受傲慢罪行的诱惑，因为从理论上讲，矩形街区让所有生活环境看起来是均等的。另一方面，15世纪中期詹诺佐·马内蒂［Gianozzo Manetti］为教皇尼古拉斯五世［Pope Nicholas V］规划了一座理想的罗马城（可能为莱昂·巴蒂斯塔·阿尔贝蒂代言），认为中心正交的街道为富人准备，劳动阶级可住在小巷。

2 尼科·法索拉［Nicco Fasola］。

3 只有一幅手稿复制品同皮耶罗的原始草图一起保存下来：Cod. Vat. Urb. lat. 632，现藏于梵蒂冈图书馆。见戴维斯；埃米利亚尼（2）。

4 乔治·瓦萨里提到乌切洛和皮耶罗两人均绘制过这类图画；见瓦萨里，3（文本）：第61—72，258—259页。关于一个有趣的争论，皮耶罗而非保罗是著名的乌菲齐透视图（图5-6和图5-7）画家，见帕龙基（1），第533—548页。

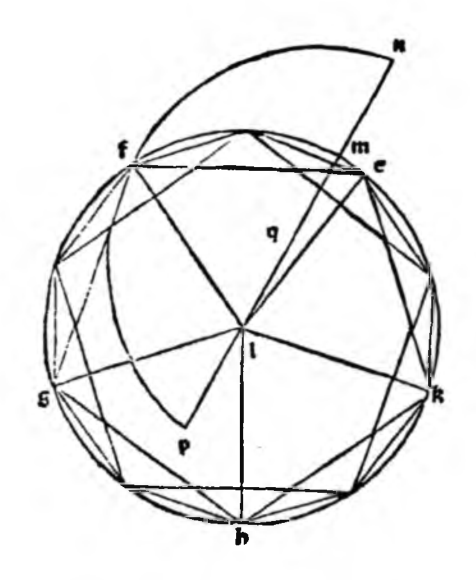


图5-9　由拉特多尔特出版的欧几里得二十面体图解，1482年

其事业。鉴于数学专业的保守性，像欧几里得《几何原本》这些被神圣化的文本的出版商，坚持古代的成像传统一点也不奇怪。由埃哈德·拉特多尔特［Erhard Ratdolt］的威尼斯出版社1482年首次印刷的欧几里得著作，复制了原始手稿中的扁平式图表。[1] 尤其是从12书到伪14书的插图（其中欧几里得描述了角锥体、圆锥体、圆柱体以及柏拉图的五种正多面体），丝毫无补于当时的视觉艺术实践。

164

如图5-9显示的是拉特多尔特为13书的第16命题所绘的图解，欧几里得论证了二十面体，是由二十条等边三角形边构成的五角形截面的多边形，二十面体的顶点必须内接于外球的内表面。在这张图解中，正如在中世纪手稿中，所有的角与后退的边都被扁平化在一个平面中。[2] 不过，专业几何学家很容易

1　乔凡尼·坎帕诺·达·诺瓦拉［Giovanni Campano da Novara］（约1260—1292）出版了译自阿拉伯语的版本；相关讨论见史迪威，第50—51页。

2　图5-9中重叠的半圆是个辅助图，以确定标示内接二十面体切点的外接球体上的平行线半径。

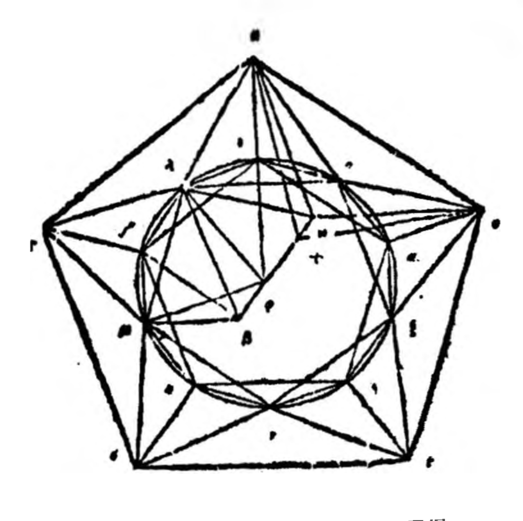


图5-10　由赫瓦吉斯出版的欧几里得二十面体图解，1546年

地根据欧几里得的逐步描述进行推导。他们受过抽象思维的训练，心目中须有先验的透视图像。[1] 即便精心修订的希腊语赫瓦吉斯［Hervagius］版《几何原本》（及其1533至1546年的权威拉丁译本）的编辑们，也未对这种新的表现方式产生深刻印象。图5-10显示的是赫瓦吉斯版13书中的同一个二十面体图形。[2] 直到1572年，费代里科·科曼蒂诺［Federigo Commandino］（1509—1575）（另一位受教于乌尔比诺的富想象力的思想者）出版了受欢迎并多次再版的欧几里得著作的拉丁文与意大利译本，我们才发现规范化的透视图解（图5-11）。[3] 科曼蒂诺意外地成为第一位专业人士，专为同时代数学家出版

1　见默多克，第129页。

2　由巴塞尔的约翰·赫瓦根［Johann Herwagen］（赫瓦吉斯［Hervagius］）出版。

3　《欧几里得几何原本15书》［*Euclidis elementorum libri XV*］……（比萨：雅各布斯·克里杰［Jacobus Chrieger］，1572年）；《欧几里得几何原本15书》［*Deli elementi d'Euclide libri quindici*］（乌尔比诺：多梅尼科·弗里索拉诺［Domenico Frisolano］，1575年）。见瓦涅蒂，第329—330页。少量值得关注的证据表明，雕刻的图像与中世纪人心目中形象之间的古代二分法已开始瓦解，即便在遥远的英格兰也是如此，可以想象最后的西欧民族对艺术的文艺复兴时期“温度和湿度”的感受。如牛津的博德利图书馆［Bodleian Library］，藏有一卷1533年赫瓦吉斯希腊语版欧几里得著作，其中一位16世纪所有者，塞巴斯蒂安·福克斯·莫里斯［Sebastian Fox Morris］（他的名字写在首页；目录D. 1. 15. Art Seld）以钢笔和墨水重新绘制了第11卷和第12卷的扁平图，添上用交叉平行线绘出的明暗效果，使它们看起来像三维实体！另一位欧几里得的英国信徒、伦敦市长大人亨利·比林斯利［Henry Billingsley］爵士，在1570年出版了首部英文版《几何原本》（并附有约翰·迪伊［John Dee］的长篇颂词；见亨利·比林斯利编辑，《迈加拉最古老的哲学家欧几里得的几何原理》［*The Elements of Geometries of the Most Ancient Philosopher Euclide of Megara*］（伦敦：约翰·达耶［John Daye］，1570年），在第11卷所有图上附有插页标签“垂直于平面视图”。读者因此能够真正地“建立”命题中所描述的三维形式。

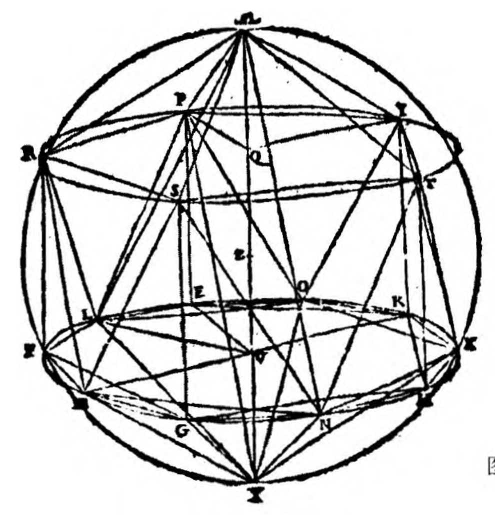


图5-11　由费代里科·科曼蒂诺出版的欧几里得二十面体图解，1572年

166 数学分析线性透视的文本。[1] 即便1543年哥白尼划时代的《天体运行论》[*De revolutionibus orbium coelestium*]，也只是以一幅平面天体图来解说所有前现代科学中最具革命性的立体几何思维。

事实上，第一位倾向于以错觉的三维图像表现欧几里得多面体的人，并不是专业数学家，而是受过人文主义教育的、贵族气的时尚引领者，莱昂·巴蒂斯塔·阿尔贝蒂、皮耶罗·德拉·弗朗切斯卡、弗朗切斯科·迪·乔治·马丁尼、莱奥纳尔多及其他技术作家都曾将其关于四艺[quadrivium arts]的不同论著献给他。同时还要记住，新流行的印刷书籍，紧跟最新的宫廷时尚和文化风气（但远比过去的手绘彩饰手稿易于获得，也更便宜），对另一群独特的文艺复兴时期读者尤具吸引力：自学并追求社会地位的工匠-工程师。迄至16世纪中叶，这个富有进取心的阶层比以往有更多成员获得成功（无疑，他们受到了弗朗切斯科·迪·乔治和莱奥纳尔多的启发）。尽管他们往往出身卑微，这些勤奋的灵魂能获得专业知识，正是因为印刷书籍使得知识更易

1　在其关于托勒密《平球论》[*Planisphaerium*]（*Federici Commandini urbinatis in planisphaerium Ptolemaei commentarius*，威尼斯，1558年）的评论中；见菲尔德/加里[Gary]，第22—23页。

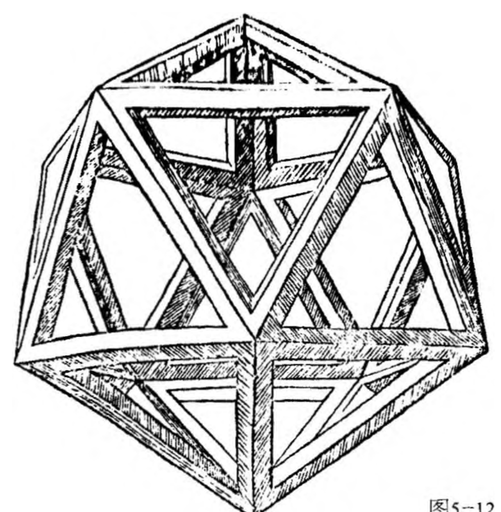


图5-12　卢卡·帕乔利的二十面体图解，1509年

于获取。我们将看到，其中的尼科洛·塔尔塔利亚［Niccolò Tartaglia］和阿古斯蒂诺·拉美里上尉［Captain Agostino Ramelli］，不仅依赖这些有插图的印刷书籍完成自身的教育，还自己设法撰写一些。

第一本特别吸引世俗趣味的应用几何书籍，是修士卢卡·帕乔利于1509年出版的《神圣比例》。[1] 这本书用的是意大利语而非拉丁语，并简化文本附上了最早印刷的五种规则立方体的线性透视插图。图5-12是其中一幅，二十面体的木版画，欧几里得命题16中描述的同一图形（图5-9）。正如帕乔利解释的，在柏拉图系统中，二十面体象征着第四元素水，它内接于象征天堂的十二面体。

这本书除插图外，并没有科学上的新颖处。修士卢卡·帕乔利（1445-1571），是方济各会教友与米兰宫廷数学的狂热推动者，但并非伟大的思想家

1　只有一个版本在威尼斯由帕加尼努斯·德·帕加尼诺［Paganinus de Paganino］出版。由康斯坦丁·温特贝格［Constantin Winterberg］德语翻译和评注的现代版本，见帕乔利。写于1496和1497年的两份原始手稿尚存，其中保存较好的手稿是米兰安布罗西亚图书馆［Biblioteca Ambrosiano］的MS. 170 sup.。由奥古斯托·马里诺尼［Augusto Marinoni］编辑的这一手稿副本，1982年由米兰西尔瓦娜出版社［Silvana Editoriale］出版。进一步的讨论，见斯加尔比［Sgarbi］，埃米利亚尼（2）；瓦涅蒂，第266—268页。

他只是意在宣扬欧几里得几何学在宗教、法律、军事科学、音乐、绘画、雕塑、建筑，甚至字母表设计上的实用价值。而且他深知如何迎合文艺复兴时期的读者，遗漏所有正确名字（柏拉图、亚里士多德、阿基米德、普林尼［Pliny］、李维［Livy］），将古人的几何学成就与当代可能出现的类似成就相比较。他甚至赞扬罗伯托·瓦尔图里奥来复兴了对罗马军事技术与尤里乌斯·恺撒［Julius Caesar］英勇事迹的兴趣。

与我们的主题更密切相关的是，帕乔利强烈意识到当时的视觉艺术对于普及数学科学的重要性。他本人为艺术家所吸引，在文中夸耀自己与莱奥纳尔多·达·芬奇以及美洛佐·达·弗利［Melozzo da Forli］的友谊，却没有提及弗朗切斯卡，这位他受惠最多的艺术家。卢卡和皮耶罗都出生于托斯卡纳的圣塞波尔克罗镇［Borgo Sansepolcro］，并一起作为廷臣侍奉于乌尔比诺宫廷。

值得称道的是，帕乔利在1494年的出版物《算术、几何、比与比例集成》［*Summa de arithmetica, geometria, proportioni et proportionalità*］中赞美皮耶罗为自己的老师。[1] 而《神圣比例》是一部更具雄心的专著，帕乔利想招来当时在世最负盛名的科学插图画家莱奥纳尔多·达·芬奇。他还借鉴了新近故去的 168 皮耶罗的作品，让莱奥纳尔多以精妙的明暗法重新绘制了皮耶罗的习作。而且，对皮耶罗每个有界的多面体，莱奥纳尔多都加“没有面”的相同多面体的透明图，看起来像是一个三维肋骨的中空组合（换言之，就是一个多边形网格）。莱奥纳尔多的原图已然失传，但他似乎准备了约60张草图。可以理 169 解，帕乔利十分自豪，并在文中称赞它们为莱奥纳尔多的独创。[2] 他还提到自己也画了一套类似的图形。[3] 对于印刷史而言不幸的是，出自成型刀具的那些

---

1 也由帕加尼努斯·德·帕加尼诺在威尼斯出版。并于1523年再版；见瓦涅蒂，第266页。文本所附木刻图解是其《三论》［*Libellus*］中皮耶罗插图的粗糙复制品；见埃米利亚尼（2）。

2 关于莱奥纳尔多对正多面体和不规则多面体的兴趣以及他与帕乔利在这方面合作的透彻讨论，见费尔特曼（1），第170—197页。

3 红蓝色淡水彩画，每幅都以古典风格的标签［cartello］标示，可能是帕乔利仿自莱奥纳尔多佚失的原作，包含在帕乔利手稿MS. 170 sup.中，现藏于米兰安布罗西亚图书馆。斯加尔比以彩色复制了这些图中的几幅。

木刻版画，尽管清晰可辨，但都难以达到莱奥纳尔多的水准。[1]

无论印刷质量如何，修士卢卡的《神圣比例》原本是写给一位尚未证实的读者，与他早先为其撰写复式记账法论著的主顾可能是同一人。[2]他似乎在暗示那些实用的、投机取巧的读者们，艺术中“神圣比例”的知识提供了深入了解宇宙最深邃现实的机会，因为上帝创造的所有自然物与人造物都统遵循着欧几里得可预测的法则。不论规范与否，迄至1509年线性透视已成为可接受的象征形式，以描绘上帝的自然法则在人间与天国的所有表现形式。

哪些文艺复兴时期艺术家引发了视觉思维上的翻天覆地变化，最终影响了伽利略、威廉·哈维、勒内·笛卡尔［René Descartes］和艾萨克·牛顿的教育？如果弗朗切斯科·迪·乔治·马丁尼和莱奥纳尔多·达·芬奇影响深远的制图规范仍未出版，那就留待像卢卡·帕乔利以及更多的阿尔卑斯山北部和南部的实业家们，通过印刷有插图的教材这个媒介来传播和普及他们的思想。

这种新动力的前导是出版商竞争下的无情市场，尤其是像沃尔特·里夫［Walther Ryff］（或他喜欢自称的里维尤斯［Rivius］）这样的出版商。他生长于斯特拉斯堡的重要出版中心，后移居纽伦堡，在那里建立并维持兴盛的事业直至1548年去世。[3]在因缺乏可强制执行的版权法而臭名昭著的一个世纪里，这位天才的投机者任意剽窃了十多部先前印刷的植物学、医药学、解剖学、

---

1 那不勒斯的卡波迪蒙特博物馆［Museo di Capodimonte］藏有一幅令人迷惑的卢卡·帕乔利肖像，年轻的赞助人圭多巴尔多·达·蒙泰费尔特罗［Guidobaldo da Montefeltro］站在身后。上面的签名和年代（威尼斯的雅各布·德巴尔巴里［Jacopo de'Barbari］，1495年）经X光显示是后加的；见埃米利亚尼（2），第97页。尽管如此，画作明显是15世纪末流行于威尼斯的风格与佛兰德斯传入的油画技法，而艺术家显然了解相关的数学知识。他所绘的帕乔利左手指向打开的欧几里得《几何原本》第13卷，而右手在一块石板上画图。玛格丽特·达利·戴维斯［Margaret Daly Davis］对这一点以及画中其他有关数学方面的含义做出了解释，包括帕乔利注视着的悬于前景中闪烁的透明二十六面体；见戴维斯，第67—81页。这个二十六边不规则体，正如欧几里得伪书第14卷中所述以及皮耶罗·德拉·弗朗切斯卡所画的一样，显然激发了帕乔利圈内某个人的真实三维模型；见埃米利亚尼（2）。他后来让莱奥纳尔多重新绘制并发表在《神圣比例》中。

2 见埃杰顿（2），第38—39页。

3 见本青［Benzing］。

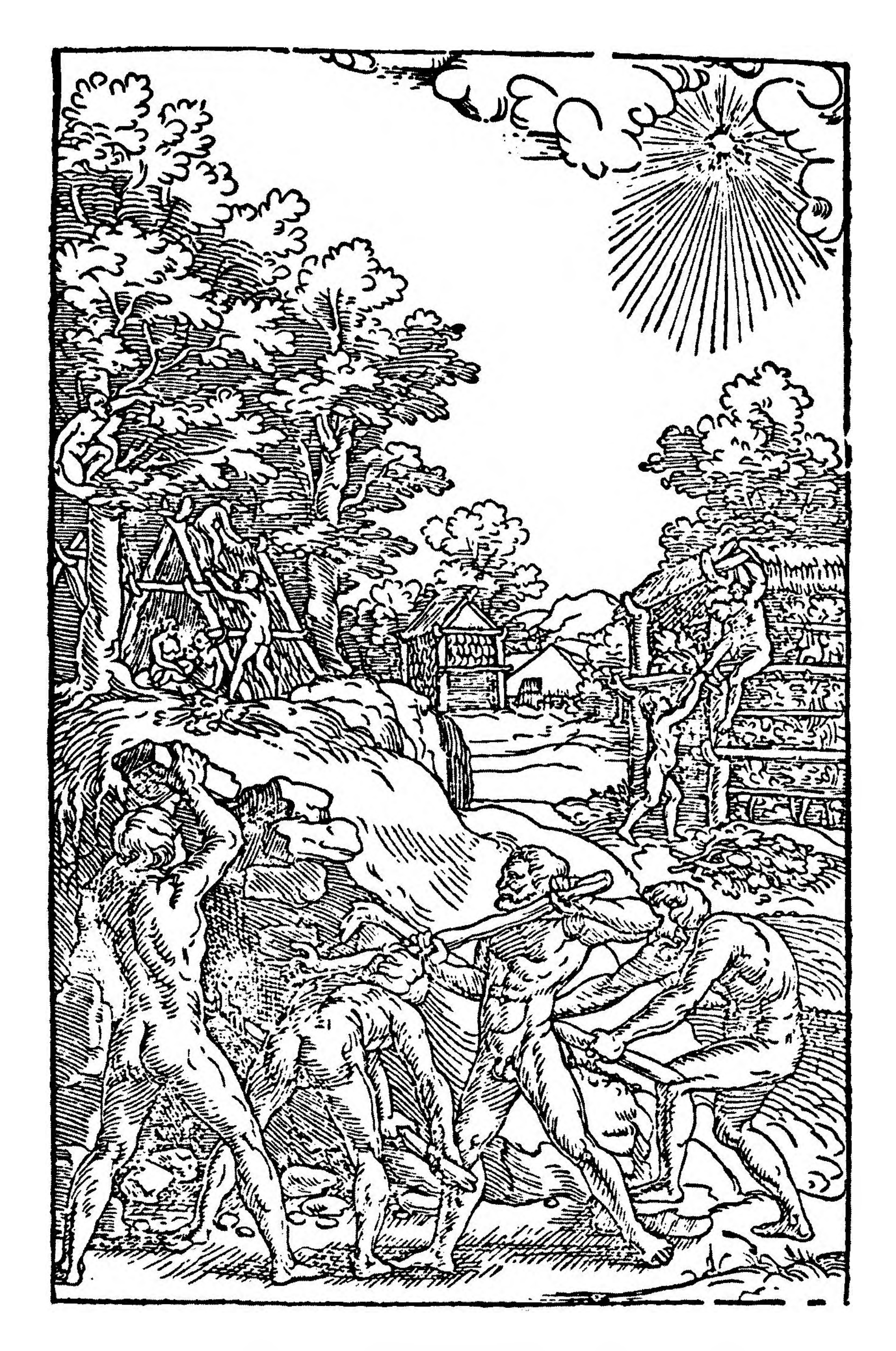


图5-13　沃尔特·里夫《维特鲁威……建筑十书》中的一页，1568年

弹道学，尤其是古典建筑学文本。这些书籍他经常翻译为德语，并以一流画家如格奥尔格·佩茨［Georg Pencz］、彼得·弗勒特纳［Peter Flötner］以及维尔吉尔·佐利斯［Virgil Solis］的华丽木版插图重新装饰（图5-13）。

里夫再版了许多有关古代建筑物的书籍的事实，也强调了这一学科对于16世纪知觉革命的重要性。在所有的技术题材中，建筑学最为吸引文艺复兴时期欧洲新兴的资产阶级与传统的贵族。毕竟，贵族、新贵或其他人的首要职责，便是乐见自己安居。其标志性论著，也是促使里夫开创自己事业的那部论著，是被神圣化了的维特鲁威《建筑十书》［*De architectura libri decem*］附精美插图（以朱利亚诺·达·圣加洛风格的考古学透视规范）的意大利语译本，由切萨雷·切萨里亚诺［Cesare Cesariano］于1521年在科摩［Como］译成。[1] 维特鲁威不仅论述了古典建筑理论，还包括一部分（第十书）关于提升、牵引和抽水机械的内容。切萨里亚诺让那些16世纪画家利用塔科拉、弗朗切斯科·迪·乔治和莱奥纳尔多的方法来描绘这些机械。图5-14显示的页面含有一幅木刻版画，表现劳动者利用杠杆移动大的物体。这张图画利用了文艺复兴时期技术插图中发展起来的另一种巧妙的制图规范，将平面的、抽象的几何图形直接添加到其他错觉场景上，以解释在起作用的潜在的数学原理。尽管透视上并不协调，这种规范（巧妙地更新了柏拉图式"现实"这个古代概念），自此证明对应用科学的教学极其有用。

而这类建筑学出版物中最具影响力的，还是塞巴斯蒂亚诺·塞利奥的《建筑总则》［*Regole generali di architettura*］，于1537年在威尼斯首次出版。随着新材料的增加，多个版本（以其他标题）在随后100年间多次出版，包括第二书的论透视图。迄至17世纪初，塞利奥网格风格的木刻插图与被译成德语、法语、西班牙语、荷兰语和英语的文本一道，几乎为从地中海到波罗的海的

1　见卡罗尔·克林斯基［Carol H. Krinsky］副本（慕尼黑，1969年）。关于这些建筑论著如何影响当时科学的有趣分析，见朗［Long］。

LIBER DECIMVS CLXXVII.

di tra li quali sta la spalla del portatore: & se sono sey uocantur exaphori e se quatro tetraphori: che cosi significano li græci uocabuli. Et questi portatori quando piu uano appresso il mezo: cioe centro de la pertica tanto mazore grauezza sentano. Et subiunge li exempli de la statere gia narrato e cosi de li iumenti: cioe boui e altri animali quali se azongiano insieme a iun-gendo nominatamente dice che quando li subiugi: cioe lanulo che pēde dal medio Iugo quale se liga con corigie seu lori: pene lope significa una corigia seu ligamo de corio: aut de fune cō li quali nel medio del Iugo tra le due strume se alliga ad epso Iugo lo dicto ānulo seu foramine per altro nome appellato cōgolo: como q̄sti rustici dicono: nel q̄le se ipone il temone & con una cauiglia de ferro aut de duro ligno se contene in epso cōgolo da Vitruuio in questo loco appellato subiugi: ne anche te sia marauiglia del numero plurale: per che cosi diciamo anchora Iugi p uno solo Iugo. Dice adū cha lauthore cosi epsi lori douere essere aptati nel medio di epso Iugo se li boui traheno il carro seu laratro con iusta mesura: ma se serano inequali: alhora sera per loposito. ¶ Et per q̄sto Lauthore te insegna adequare le forze de duy inequali Iumenti: transferendo il loro del subiugo dal piu debile a la parte de epso Iugo ne la qual e il piu forte Iumento: per che cosi il piu debile Iumēto sera piu remoto dal centro & sentira minore peso. ¶ Cosi in le Phalange. Cōclude adūche Lauthore che la remotiōe e apropinquatiōe al centro fa la facilitate e dificultate del moto como e dicto assay. ¶ Et per qual modo. Per mazore cōfirmatiōe de le predicte cosse adduce lexemplo de le Rote che quanto piu sono grande tanto piu facilmente rotano. Et ad tal modo la Porrectione & rotundatione seu circinatione ha receputo il moto. ¶ Vltra di questo. Dice Lauthore che a questo li plostri. i. li Carri: le Rhede: cioe le Carrete: li Tympani: idest le Rote solide de sopra descripte: le Coclee: cioe leuirge torculare le quale uano a uite comparano il loro moto & facile & difficile da questa ratiōe dil Centro Porrecto e Circino seu rotundatione como amplamente ne le proxime Cōmentatione e declarato: Et ne la subsequēte figura se dimostra oculata fide: ne la quale. M. sie Lonero da essere Porrecto: le littere. L. sono Lhypomochion: le littere. D. C. sono li capi de li Vecti con le circinationi sui signate: le littere. P. sono le lingue de li Vecti. Ne la statere. E. sie lequipondio. D. sie il centro dal quale pende lansula: le litere. G. sono le anse. C. sie lexamine: le altre littere sono fora de la intentione del authore & per tanto le lassiamo.

grauezza cum una certa ratione de diuisione: per che le medie parte de le phalange: ne le quale le corigie de li tetraphori itrano: de chiodi sono finite: acioche non sguinzano in una o uero nel altra parte. Per che quando fora del fine del centro se promouano: premeno il collo di quello al quale piu apresso sono agionti: per qual modo in la statera lo æquipondio quando dal examine se ne ua a le fine de le ponderatione. A quello medemo modo li iumenti: quādo li lor Iugi cum le corigie de li subiugi per il medio sono temperate: traheno æqualmente li pesi. Ma quādo le lor forze sono impare: & uno essendo piu potente preme laltro. Poi che il loro e transportato: una parte del Iugo se fa piu longa qual adiuta il Iumento piu debile: Cosi in le phalange como in li Iugi: quando nel medio li lori non sono collocati: ma effice quella parte piu breue da la quale il loro se parta dal medio centro: & laltra piu longa. Per tale ratione: se p quello cētro del loco doue e perducta la zona tuti dui li capi serano circumacti: la piu longa parte menara piu ampla la circinatione: & la piu breue la menara minore. Et per qual modo le minore rote hano piu duri & piu difficili li mouimenti: cosi le phalange & li Iugi: in quelle parte doue hano dal centro a li capi li interualli minori: calcano duramente li colli: ma quelli che da quello medemo centro piu longi hano li spatii: legerisseno da li pesi quelli che traheno & portano. Habiando cosi queste cose al centro cō le porrectione & circinatiōe receputo il moto. Vltra di questo anchora li plostri: Rhede: Tympani: Rote: Coclee: scorpioni: Baliste: Præli. & le altre Machine con queste medeme ratione per il porrecto centro & ratione del circino uersate fano al proposito li effecti.

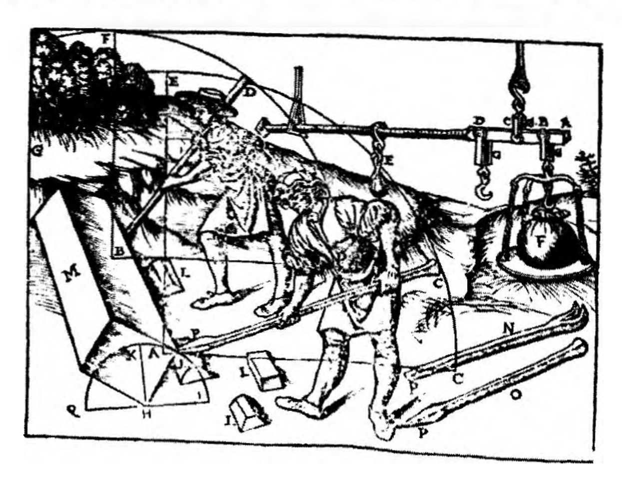


图5－14　切萨雷・切萨里亚诺版《维特鲁威》中的木刻版画



图5-15　塞巴斯蒂亚诺·塞利奥《建筑总则》中的一页，1537年

所有上流人士所熟悉（图5-15以及图5-5）。[1]

事实上，迄至16世纪初，革命性视觉思维的中心已在北移。在德国，阿尔布雷希特·丢勒本人撰写数部关于立体几何应用的学术研究书籍，亲手绘制插图并刻版。正如斯蒂芬·斯特雷克［Stephen Straker］所述，约翰尼斯·开普勒在推导出太阳散发光线问题的创造性解决方案时，肯定查阅过丢勒1525年《量度四书》［*Unnderweysung der Messung*］中显示画透视图的不同机械方法的著名版画。[2]

同样重要的是丢勒1528年的同样受欢迎的《人体比例的四本书》［*Four*

1　关于塞利奥的各种出版物，见施洛塞尔（2），第406—410页；史迪威，第287页。

2　关于丢勒《量度四书》的各个版本，见瓦涅蒂，第315—316页。

vnd ziffern/des yetzigen auffgezognen fürsich bogen gewenten vñ auff ein seyten gebognen corpus mit auffrechte linien vndersich/ Darnach zeuch auß mit dem vbertrag auß allen ecke des forigen verwentenn nidergedruckten grundes zwerch linien durch die auffrechtenn wo sie dann in yren buchstaben vñ ziffern abschneyden/in den selben enden da zeuch die seyten des corpus im grund zusamē/so finstu alle ding gerecht/ Darnach nym die dicken vnd breyten nach der seyten vnd fürwerdig der new worden schnid des corpus vnden vnd oben/vnd zeuch die gitterten linien durch den verkerer wider darein / Darnach zeuch die gestalt linien durch die gitter wie sie dañ im schnidt herum̄ solen geen/ in den auffgezognen vñ nidergedruckten grundes wie ich dann das nachfolget hab auffgerissen / Vnnd eben wie ich mit disem eynigen corpus handel / Also ist ym mit allenn corpora durch das gantz bild zu thon / Dann es ist not so man nachmals das bild wie es verruckt worden ist in ein verkürtzt vnd ab gestolln gemel wil bringē das man solchs zu for hab darauß man das machen kün.

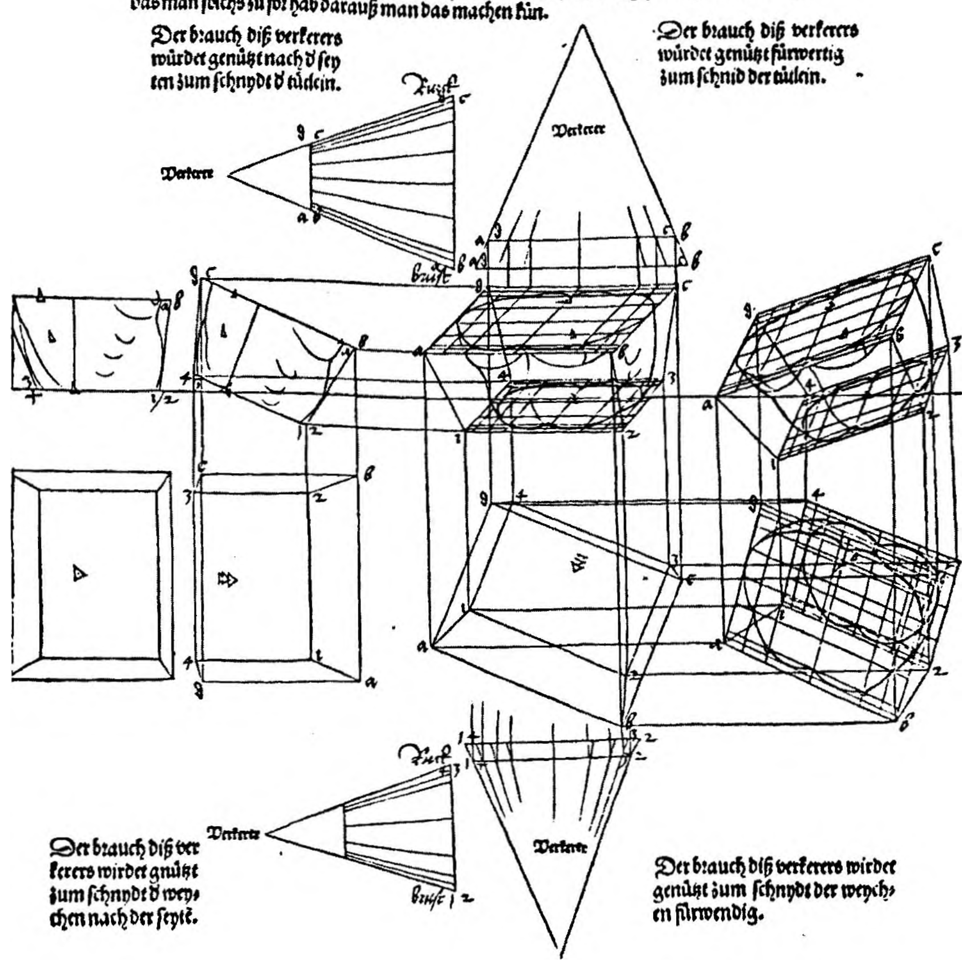


图5-16　阿尔布雷希特·丢勒《人体比例四书》中的一页，1528年



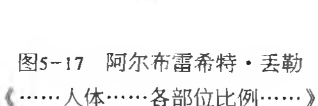


图5-17　阿尔布雷希特·丢勒《……人体……各部位比例……》扉页，巴黎，1537年，附亚伯拉罕·奥特琉斯签名

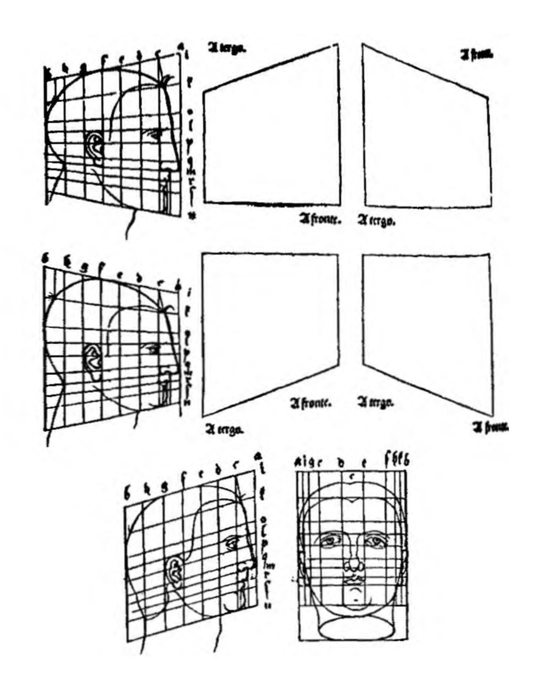


图5-18　阿尔布雷希特·丢勒《……人体……各部位比例……》中的一页，巴黎，1537年，亚伯拉罕·奥特琉斯所有

Books on Human Proportion]。[1] 图5-16是其中一幅木刻图，显示人体躯干被放入三维的梯形中并正交旋转。我们今天对这种“电脑图像”习以为常，难以理解丢勒概念上的成就多么重大。他提供的这一工具不仅有助于艺术家同行画人物形象，也有助于医学解剖者将人体理解为像铰链式机械部件一样相互联系的系统。不像莱奥纳尔多·达·芬奇，这位德国艺术家通过“可精确复制的版画”（小埃文斯［W. M. Ivins, Jr］很有用的话语）尽可能将他的图提供给最广大的公众。

1 《人体比例四书》[*Hierinn sind begriffen vier Bücher von menschlicher Proportion*]（纽伦堡：I. Formschneydr，1528年）；见费尔特曼（2），第37—41页。

伟大的荷兰制图师亚伯拉罕·奥特琉斯［Abraham Ortelius］实际上拥有后来拉丁版的丢勒论著（图5-17）。其中一幅图（图5-18）演示了人脸如何才能印在阿尔贝蒂式网格上，并往不同方向伸展（就像一块细铁丝网围栏）。不管网格表面向哪个方向拉伸，结果生成的脸多么奇形怪状，网格表面上的面貌特征仍会保持相同的比例。这一拓扑学概念证明对地图制作者尤为有用，不只是对奥特琉斯，而且还有杰拉杜斯·墨卡托［Gerardus Mercator］，后者创造性的地图投影系统，初版于1538年，为后几个世纪确立了标准。[1] 事实上，这种追求惊悚、经常带有淫秽逗趣效果的变形网格图的想法，成为16、17世纪欧洲人的一种文化娱乐，包括令人好奇的科学玩具“变形影像”［anamorphoses］的产生。[2]

紧随丢勒之后的是埃哈德·舍恩［Erhard Schön］和希罗尼穆斯·罗德勒（与其庇护人巴伐利亚的约翰二世合作），分别于1538年和1546年出版了论著，他们都为有关比例和测量的实际问题提供了配有精美插图的文本。[3] 图5-3所复制的罗德勒的《阿尔贝蒂之窗》木刻版画，相较于1540年初版的原始文本，可能传播了更多15世纪佛罗伦萨的思想。[4]

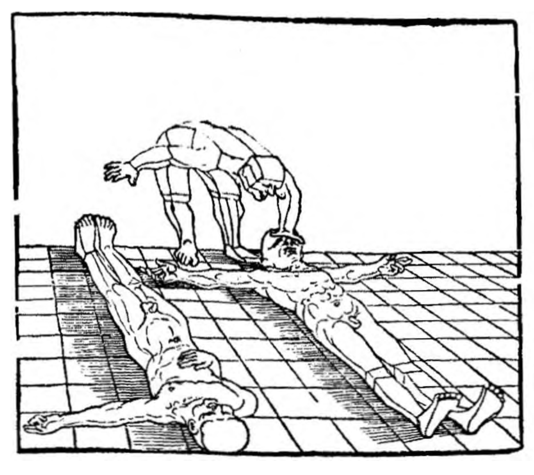
舍恩所附的插图与16世纪新兴的解剖学尤为相关，多为关注盖伦的古希腊语著作（当时正在翻译与全面的修订）提供更多经验性的观察资料。同丢勒（以及皮耶罗·德拉·弗朗切斯卡）一样，舍恩在一张张图版中展示（如图5-19以及图5-20）人体各部分可简化为欧几里得的立方体，也因此可以根

1 墨卡托最著名的地图，其方法首次实际应用于测定海上航线的那幅，称作《新增用于航海的世界地图》［*Nova et aucta orbis terrae descriptio ad usum navigantium accommodata*］，1569年出版。他的托勒密《宇宙志》［*Cosmographia*］评述版，依据他的方法进行了修订，题为《托勒密地图复原与修正》［*Tabulae geographicae C. Ptolemaei ad mentem autoris restitutae et emendatae*］（科隆，1578年，1584年）。

2 巴特鲁塞提斯［Baltrušaitis］。

3 舍恩的论著题为《人体的位置和比例》［*Unnderweissung der proportzion und Stellung der Possen*］（纽伦堡：克里斯托夫·策尔［Christoph Zell］，1538年）；以及罗德勒的《透视法》［*Perspectiva: Eyn Schön nützlich Buechlein und Underweisung der Kunst des Messens mit dem Zirkel, Richtsheit oder Linial...*］（法兰克福：霍夫德鲁克赖［Hofdruckerei］，1546年）。关于后者，见瓦涅蒂，第324页。有关现代重印本，见舍恩。

4 托马斯·维纳托里斯［Thomas Venatorius］编辑（巴塞尔：巴托洛梅乌斯·韦斯特海默［Bartholomaeus Westheimer］，1540年）。见施洛塞尔（2），第127页；瓦涅蒂，第245页以及后页；费尔特曼（2），第42页。



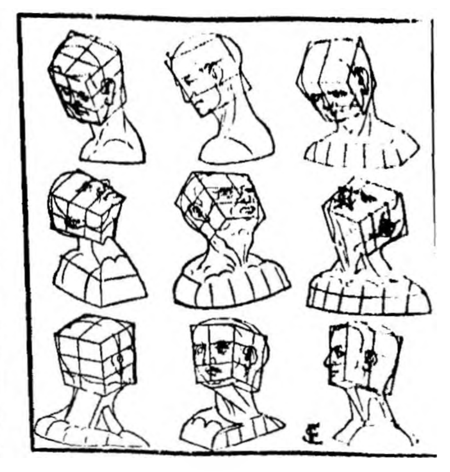




图5-19　埃哈德·舍恩《人体的位置和比例》中的木刻版画，1542年

图5-20　埃哈德·舍恩《人体的位置和比例》中的木刻版画，1542年

据《几何原本》和《光学》的所有命题进行量化。这一认识，日益被16世纪欧洲人视为当然，让他们看到并相信，像维萨里［Vesalius］1543年的《人体的构造》［*De humani corporis fabrica*］这些巨著中启发人心的解剖插图，事实上精确地重现了人类生理特征的样子与根据“自然法则”的运行方式（图5-21）。[1]

也许受到16世纪感知革命的刺激而最有预见性的印刷插图书籍，是为满足对实用机械学知识日益增长的需求的那些。许多这些著作的作者都是熟练的技术专家，尽管他们的绘图能力从未企及莱奥纳尔多或弗朗切斯科·迪·乔治的水平，但至少有远见地聘请与印刷业相关的有能力的画家来描绘他们的理念。

其中一个突出事例便是吉奥格·鲍尔［Georg Bauer］，人称阿格里科拉［Agricola］（1494—1555），他的《论矿冶十二书》［*De re metallica liber XII*］在其去世后于1556年在巴塞尔出版。阿格里科拉生于德国但受教于意大利，他在那里获得了费拉拉大学的医学学位。作为阿希姆斯塔尔［Joachimsthal］

1　维萨里；奥马利［C. D. O'Malley］；彼得鲁切利［Petrucelli］；桑德斯［Saunders］/奥马利。



图5-21　安德里亚斯·维萨里《人体的构造》中的木刻版画，1543年

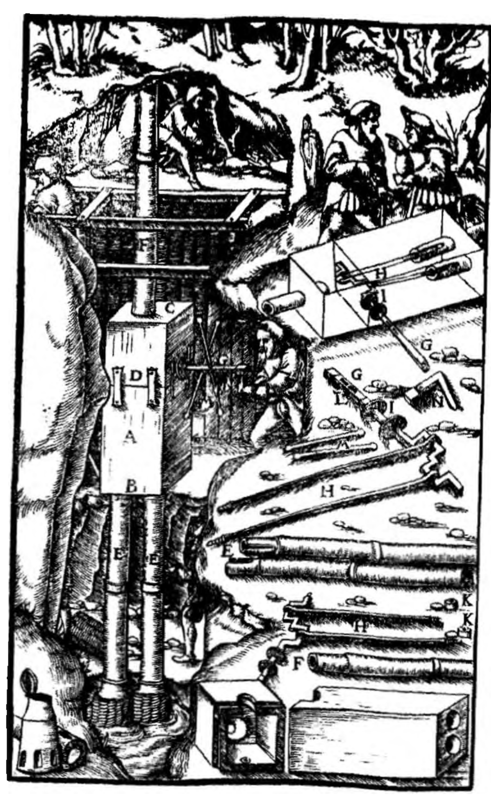


图5-22　吉奥格·鲍尔《论矿冶十二书》中的木刻版画，1556年

的波西米亚采矿中心的城镇医生时，他还将其自由艺术［*artes liberales*］教育应用于技术方面的危险行业以及与人类健康相关的那些行业的难题上，撰写了很快被认定为冶金术的经典作品。[1] 而且他的书至今仍是表现德国版画艺术家技法的杰作。

180

图5-22复制的是阿格里科拉的一幅矿井中配置的往复式真空泵插图。尽

1　“那些想要冶金业兴盛的人，”阿格里科拉写道（第3—4页），“应该研究：哲学、医药学、天文学、测量学、算术、建筑学、图画以及法律。”阿格里科拉书中最精彩的评论、英文翻译、插图摹本（及其源自早先的出版物）已由美国前总统赫伯特·克拉克·胡佛［Herbert Clark Hoover］及其夫人卢·亨利·胡佛［Lou Henry Hoover］编纂；见阿格里科拉。亦见帕森斯［Parsons］，第179—220页。

管阿格里科拉聘请的艺术家并未遵循弗朗切斯科·迪·乔治的机械条目，但他显然依照了在后者影响下确立的制图规范——剖面图、透明视图和分解视图——按比例展示机械的整体和部件。仿佛通过地面上撕开的裂口，我们看到真空泵在矿井深处运行。在邻近的地面上，我们看到相同的泵被拆卸开来，每块零部件都标有一个字母，指向文本中的说明。标有字母D的盒子（围起了机器的内部运行方式）被示意了两次，一次像是透明的，这样观者就能看到连接曲柄的活塞并了解它们的运行方式，而分开的另一处显示了活塞和水管经过的洞孔。

这些新风格印刷的技术书籍的监制人作者中最为典型的是，布雷西亚的尼科洛·丰塔纳［Niccolò Fontana of Brescia］（1499/1500—1577），人称塔尔塔利亚［Tartaglia］（“口吃者”之意）。他克服了说话的毛病与年轻时的贫困，设法自学足够的数学和阿基米德的机械学知识，发表了许多学术评论，甚至参与了饱学之士的学术讨论。他还为让那些教育程度低的同事受益而编纂了欧几里得《几何原本》的首个方言译本（但没有添加透视图解）。他最著名的工作与军事弹道学有关，他掌握这项技术是为了吸引更有影响的赞助人。他于1573年在威尼斯出版了带有狂妄野心标题的《新科学》［*La nova scientia*］，其中他试图将几何法则应用于炮弹弹道上，以此提高当时火炮的射程和精度。[1]

《新科学》的卷首木刻插图（图5-23）尤其强调了像塔尔塔利亚这样有进取心的16世纪工程师自我奋斗的人文主义雄心，他们不仅渴望被尊为实用的数学家，还想要被尊为古人悠久传统中的哲学家。他的这一有趣情景，改编自一则著名的柏拉图寓言，描绘了两处相连的圣所，较高处坐着哲学，自由艺术女王，并恰如其分地由亚里士多德和柏拉图守护。在较低的围场内，哲学的宫廷成员被忠实地召集起来。塔尔塔利亚本人站在中心位置，在向四

---

1 《新科学》［*La nova scientia utile per ciascuno speculativo matematico bombardiero*］（威尼斯：斯特凡诺·代·尼科利尼·达·萨比奥［Stefano dei Nicolini da Sabbio］，1537年）；见史迪威，第258页。关于塔尔塔利亚的生平与时代以及英译摘录，见德雷克/德拉布金［Drabkin］。



图5−23　尼科洛·塔尔塔利亚《新科学》一书的卷头插画，1537年

艺（音乐、算术、几何学、天文学）的女性化身演示弹道原理，而且塔尔塔利亚允许"透视"进入这个精选的团体。在本刻版画的前景中我们看到，哲学的整个圣殿所由欧几里得这样的人物保护着。在欧几里得右边我们看到在一张滑稽的八字形梯子上一位入侵者正试图偷翻过围墙。正如图画教导我们的，这个可怜的愚蠢之人不懂得几何的基本原理，因而他永远不能自我提升至哲学的领域。

急切利用像塔尔塔利亚这些实用技术专家（同时也表现出对希罗、弗拉维乌斯·韦格蒂乌斯及其他古代机械学作家的热情）多方面才能的出版商销售最成功的一系列著作，无疑是后来通称为"机械博览"的出版物。1570年后，这类论著出现于欧洲各地，尤其是法国、德国和意大利。[1]其中两个突出事例是雅克·贝松［Jacques Besson］（约1530—1573）1578年在里昂出版的《数学和机械工具博览》［*Théâtre des instruments mathématiques et méchaniques*］和阿古斯蒂诺·拉美里上尉（1531—约1600）的《论各种工艺机械》［*Le Diverse et Artificiose Machine*］（巴黎，1588年），后者是一位意大利出生的军事与民用工程师，也在法国工作。贝松的论著开创了新风俗，而拉美里的则被普遍称赞最为优雅。

雅克·贝松可能是以药剂师身份开启职业生涯的，因为他最初的著述都与草药的蒸馏有关。[2]而他真正喜爱的是数学，他渴望赢得法国国王查理九世［Charles IX］的工程师职位。不幸的是，作为一名新教徒，他不得不离开法国到日内瓦寻求庇护，并在那里做过一段时间的大学教授。尽管如此，他坚持追求早年的志向，从现存的工程学文献（包括弗朗切斯科·迪·乔治的）中收集并改进各种奇异的机械装置。其中60幅插图后来被专业艺术家雕刻制版。贝松本打算配上拉丁文评注以豪华本出版这些图画，来吸引国王的注意。

再次受到宗教政治的干扰，贝松被迫逃亡伦敦，将他的书抛到脑后。1572年，仅配以少量文字便匆忙出版了。一年之后他去世了。而

1　关于这一文献的综合评述，见帕森斯；凯勒［Keller］。

2　贝松的生平与职业生涯，见桑代克，5:588—596；凯勒，第7—8页。

Ang. Septent. Occid.

LIGNE SEPTENTRIONALE.

Ang. Septent. Orient.

Figure Cinquantetroisiesme.

LIGNE OCCIDENTALE

LIGNE ORIENTALE

Occid. Ang. Midi.

LIGNE MERIDIONALE.

Ang. Orient. Midi.

P.

图5-24　雅克・贝松《数学和机械工具博览》中的一页，1578年

到1578年，一位叫作弗朗索瓦·贝霍尔德［François Béroald］的人准备推出经过增订的法语遗作版。尽管遭遇重重困难，但此书取得了巨大的成功，同一年便再版四次。数种其他版本，包括德语和西班牙语，也随后面世。

图5-24复制了贝松的一幅浮动驳船版画插图，它装有巨大的螺丝钳，用来打捞沉船内的商品，这一奇异想法吸引了15世纪以来的工匠-工程师们。撇开水下“战利品”如何借由这一固定装置定位的问题，你得承认贝松的机器至少可以根据他精确描绘的比例规范建造出来。这与康纳德·基泽（图4-6）和罗伯托·瓦尔图里奥（图4-22和图4-23）类似的奇想不可同日而语。

我们注意到贝松在每块板的顶部、底部、侧面、角落都标有罗盘方位：这些是其文本的关键，通过它们就能（像是在托勒密地图上）在图中找到特定细节。我们还有另外的事例，揭示16世纪末欧洲的视知觉发生了怎样的变化。所有受过教育的人现在都有望能理解，隐藏在任一幅图画下那不可见而又不可或缺的、保持比例且调整方位的网格。

同贝松一样，阿古斯蒂诺·拉美里也是一位追寻法国宫廷任命其为工程师机会的数学奇才。而与贝松不同的是，他仍是天主教徒并拥有相当兴旺的事业。在家乡伦巴第作为一名杰出军官服役后，他受雇于后来成为其私人朋友的法国国王亨利三世［King Henry III］。确实，国王让拉美里富裕起来，让他付得起295幅精心雕刻的机械插图，集成厚厚的一卷，并配以法语和意大利语文字。[1]

尽管拉美里的设计图绘制精美且理论上可行，但没有一样被建造出来。它是典型的咖啡桌书籍，这一点我们可以从图5-25得出，它描绘了一台旋转起重机，一位衣着讲究的男士从容优雅地转动曲柄，去吊起一座巨大的钟。尽管以分解视图详细绘出的齿轮比例和滑轮力矩看起来足以完成这一任务，拉美里这个器械的真实目的是为取笑贵族读者的虚荣——他们可能会代入式想象自己独自驯服自然的阻抗力。这些幻想鼓励着设计师尽可能地拓展机械

1　拉美里著作的优秀摹本与英译本已由尤金·弗格森［Eugene Ferguson］和马丽亚·蒂奇·纽迪［Maria Teach Gnudi］出版，其中还包括有关作者所用的机械原理的重要附录；见拉美里。

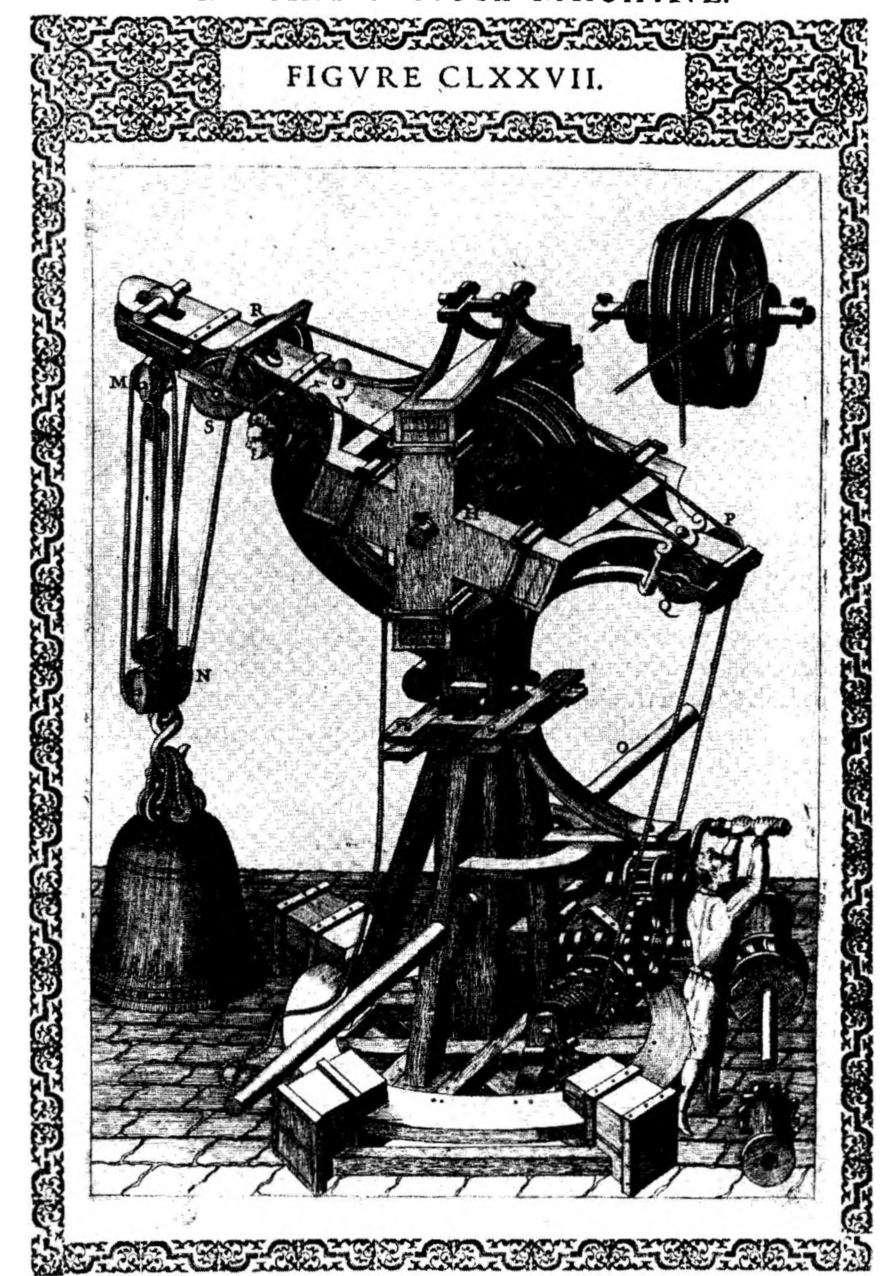


图5−25　阿古斯蒂诺·拉美里《论各种工艺机械》中的一页，1588年

图5-26　阿古斯蒂诺·拉美里《论各种工艺机械》中的一页，1588年

的范围，尽管驱动其装置的动力直到18世纪才可获得，当时蒸汽引擎的发明无意间使这些荒唐的观念得以落实。

同样地，图5-26显示的是拉美里更加不祥的发明，一辆两栖战车正驶过护城河。画家以剖视图展示士兵如何在车内通过手动桨轮来驱动车辆。我们再次看到类似圭多·达·维杰瓦诺的中世纪旧观念的时尚更新。189

最后，在图5-27和图5-28中我们看到了液压装置的精美插图，一个用曲柄操纵的真空泵和精心隔成多个小室的喷泉，以及由水压力推动的机械鸟。这只是拉美里书籍中所绘的众多液压作品中的两幅。有人会猜测拉美里的目190

DELL' ARTIFICIOSE MACHINE.

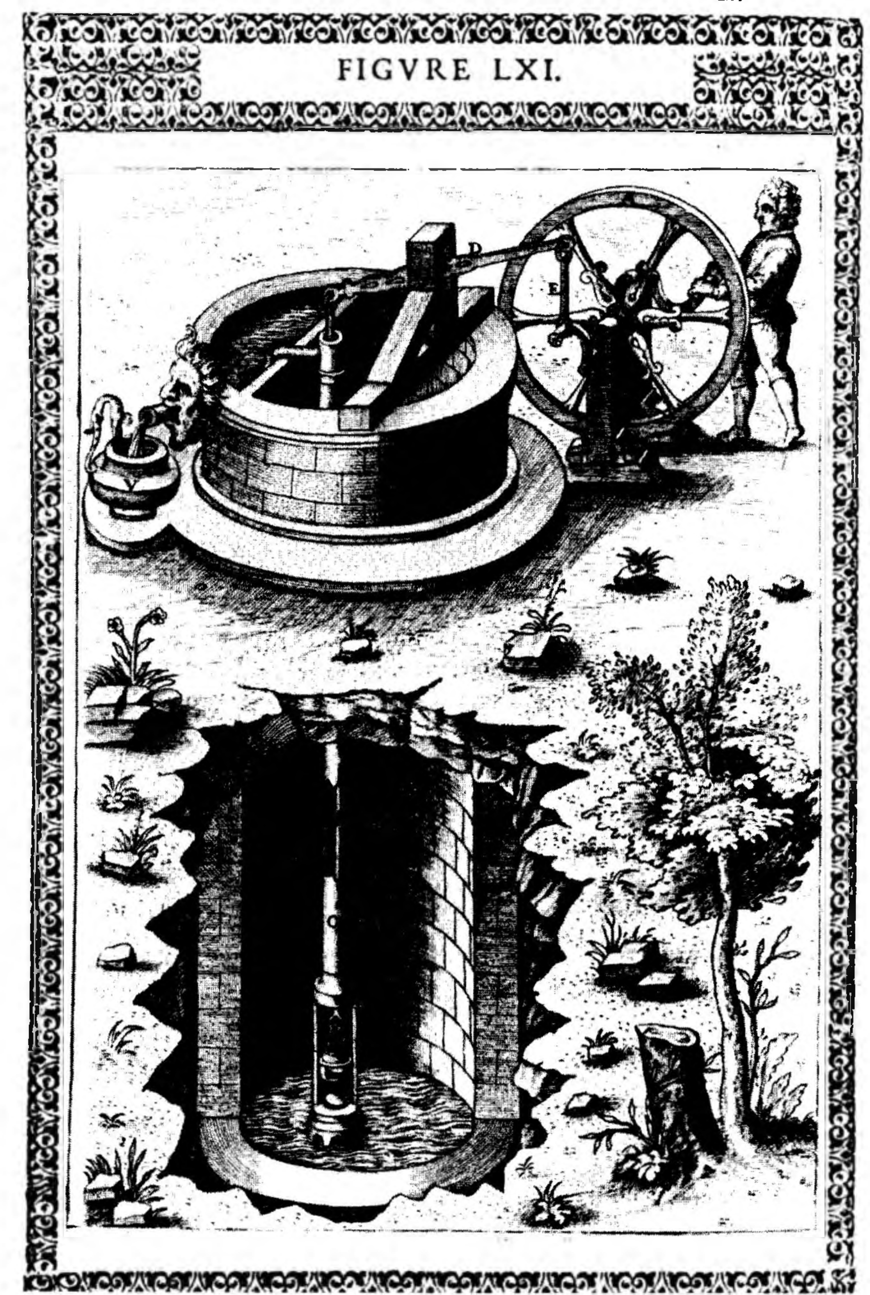


图5-27　阿古斯蒂诺·拉美里《论各种工艺机械》中的一页，1588年

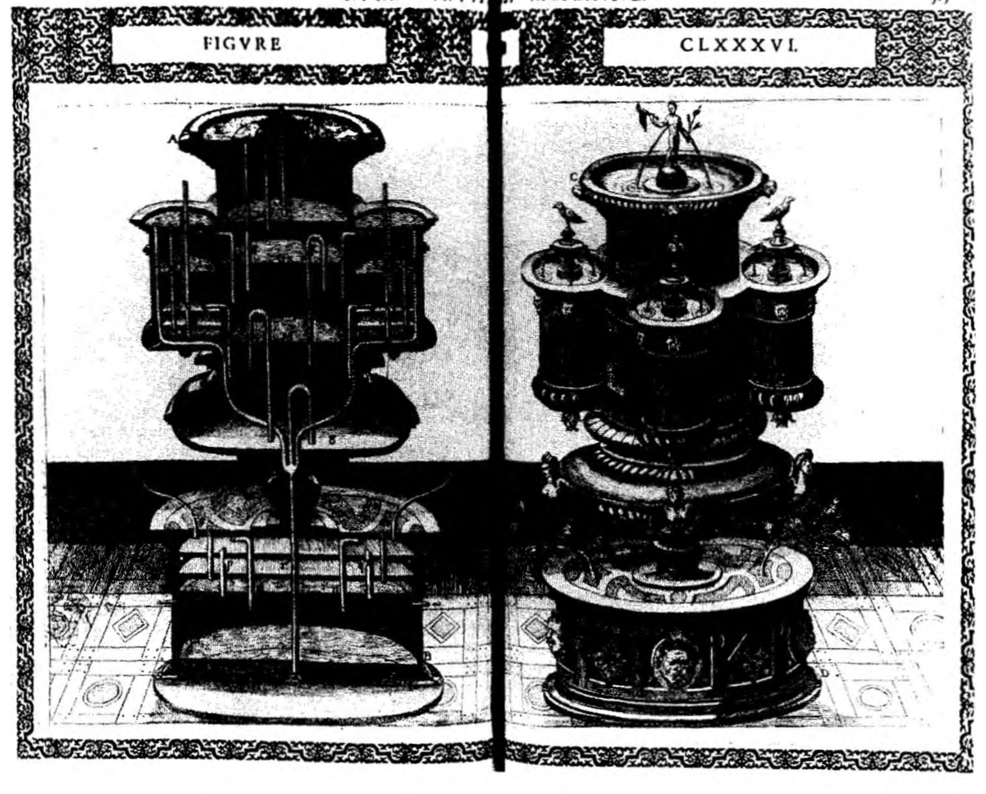


图5-28　阿古斯蒂诺·拉美里《论各种工艺机械》中的一页，1588年

光再次盯上了贵族读者——庄园主，对他们而言，带有喷泉的精致花园规划是合乎时尚要求的［de rigueur］。确实，泵水的理论与实践引起16世纪末富裕的知识阶层的极大兴趣，同样地，我们会说电子技术吸引着今天的有闲阶级。

如许多的泵插图发表在当时的流行书籍中，可以假设这种观念被视为理所当然的，即便它被同时代知识分子的隐喻思维所同化。我们还可以猜想伟大的英国医师威廉·哈维（1578—1657），1602年刚从帕多瓦大学的医学院毕业，看过并思考过这些图画。无论他的灵感是什么，哈维意识到循环泵（正如阿格里科拉和拉美里以及众多其他的工匠－工程师所图示的）是解释心血

管生理机能的正确模型。[1]

如果文艺复兴时期透视成像能够以这种方式唤起创新思想，那荣誉不只归于最先确立这些制图规范的15世纪工匠－工程师，还应归于16世纪印刷书籍中那些以高品质剽窃它们的无名插图作者。他们的图画不只出现在年轻的哈维，还出现在年轻的伽利略、年轻的开普勒和年轻的笛卡尔的好奇的眼睛前，他们都是在文艺复兴后期欧洲的这个时刻接受的教育。

1 这一新奇想法已得到乔纳森·米勒［Jonathan Miller］的阐释，第176—212页。哈维在《关于动物心脏与血液运动的解剖学研究》［*Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus*］中发表了革命性的血液循环理论（法兰克福，1628年）。关于当时的制图规范如何影响哈维的另一有趣发现，见帕格尔［Pagel］。

第六章

天国空间的几何化：拉斐尔的《圣典辩论》*

乌拉尼亚［Urania］，如果这名字没有叫错，

请你从天上下界，

我将随着你神圣的乐音，

越过奥林匹亚山，

比珀伽索斯［Pegasian］的翅膀飞得更高……

让我平安返回故土……

我的诗还有一半尚未吟唱，

而场景则局限在日常所见的狭隘空间，

站在地球上，不再关注地极之外……

——约翰·弥尔顿［John Milton］，《失乐园》［*Paradise Lost*］（1667）

于1503年当选罗马教会最高职位的教皇尤里乌斯二世德拉·罗韦雷［Pope Julius II della Rovere］极其憎恶前任亚历山大六世博尔贾［Alexander VI

* 本章的一个版本先前已发表在《艺术与科学中的创造性》［Creativity in Arts and Science］中，编辑：威廉·谢伊、安东尼奥·斯帕达福拉［Antonio Spadafora］（坎顿，马萨诸塞：科学史出版社，1990年）

Borgia]，拒绝居住梵蒂冈宫内教皇通常的寓所，即使它们新近耗费巨资由平图里基奥重新装饰过。他要求搬入楼上的另一套间，并饰以更贴近其趣味与雄心的新湿壁画。1509年，相对缺乏经验的26岁画家乌尔比诺的拉斐尔·圣齐奥来到了这里。

这些房间的首间“签字厅”[the Stanza della Segnatura]（图6-1）出自瓦萨里[Giorgio Vasari]的误称，因为它很可能不是（至少最初不是）罗马教廷的法庭所在地，而是一座私人图书馆，尤里乌斯希望（在底层橱柜中）存放他本人的藏书。[1] 确实，这个房间四面墙壁上湿壁画所选用的主题显示了中世纪末公认的学问分类：神学、哲学、法学、音乐和诗歌文学，它们是16世纪学者图书馆－书房的合适主题。这些分类并非绘画现存的特定标题，而是表明拉斐尔所描绘的实际的普遍的主题。

194 拉斐尔于1509年冬季着手绘制的首幅湿壁画《圣典辩论》[*Disputa*]，专门地以“神学”为主题（图6-2）。[2] 没有任何的文献资料告诉我们画家原本打算如何表现这个宽泛的主题，但我们确实有数量空前的草图，总共45幅，比这个房间所有其他湿壁画的草图都要多。[3] 像弗朗切斯科·迪·乔治·马

195 丁尼一样（当这位年轻画家还在成长时，他已在乌尔比诺工作），拉斐尔知晓如何通过小比例素描稿来表现自己的构思，尤其是当他的构图像弗朗切斯科·迪·乔治的机械一样，由几何体量构成并在三维空间中合理组装的时候。

无论如何，近距离观看拉斐尔的一些素描稿就会发现，他的形式，撇开所有的装饰性抽象，大部分仍源自那个时代盛行的科学，尤其是天文学概念。

196 拉斐尔明白他的任务不只是一次美学挑战，更是一个巨大的机会，根据最新的线性透视和明暗法则为他的赞助人教皇呈现传统的基督教宇宙的新景象。乔治·瓦萨里在其1550年《拉斐尔传》[*Vita of Raphael*]中可能混淆了他所谓

---

1 关于拉斐尔的签字厅壁画的最新研究，见琼斯/彭尼，第49—80页。认为签字厅为教皇尤里乌斯图书馆的观点，见谢尔曼；贡布里希（3），第85—102页。

2 见戈尔齐奥[Golzio]，第370页。

3 所有拉斐尔现存的《圣典辩论》草图，都以原尺寸彩色副本复制在菲舍尔[Fischel]的著作中。小幅黑白复制品以及最新的参考书目和评论，载于乔尼德斯[Joannides]的著作中。

图6-1　梵蒂冈宫签字厅内景

图6-2　拉斐尔，《圣典辩论》，签字厅，1509年

的签字厅中的那些壁画，但他无疑辨认出了主题："神学家们以神学来调和哲学与天文学的故事"[1]。

拉斐尔在《圣典辩论》中所取得的成就不只是形式与内容的绝妙统一，还有可能是哥白尼革命前夕亚里士多德-托勒密宇宙的最后一幅现实主义图画。文艺复兴时期错觉手法方面的超级天才拉斐尔，几乎成功地几何化了中世纪神学。[2] 讽刺的是，他既遵守欧几里得法则又遵守教会法则的企图产生了异常效果，提出的问题在随后两百年里困扰着科学家们。其《圣典辩论》中的宇宙图像是那道光线的突出事例，它迸发出最耀眼的光芒，一如它的熄灭。

在仔细查看《圣典辩论》前，我们得先看看绘于同一房间四圆形天花板对角上的另一幅湿壁画（图6-1，位于《帕纳塞斯山》[*Parnassus*] 与《雅典学院》[*The School of Athens*] 之间）。这是一小块表现天文学的矩形嵌板，它很可能被拟人化为乌拉尼亚（传统上的天文学缪斯女神）[3]，从外部看着被透明球体包围的以地球为中心的宇宙（图6-3）。拉斐尔绘制了四幅这样位于角落的矩形嵌板画，附加于前辈索多玛 [Il Sodoma] 最初在签字厅天花板上所作的四幅圆形画旁边，后者的主题与下方墙壁湿壁画的主题相关。由于索多玛就在前一年基本完成了天花板绘图，美术史家认为拉斐尔直接在墙壁上绘制，而将未完成的细节，包括《天文学》的那些，留待后来完成。尽管《天文学》[*Astronomy*] 并非明确地对应《圣典辩论》，其知性概念却对后者的主题与图

---

1 瓦萨里，4:166："... una storia, quando i teologi accordano la filosofia e l'astrologia con la teologia." 有关拉斐尔其他签字厅壁画，尤其是《雅典学院》中所涉的天文学问题，见奥尔森。

2 现代关于拉斐尔绘画最敏锐的分析，当属德国美术史家特奥多尔·黑策 [Theodor Hetzer] 1931年出版的《关于拉斐尔形式的思考》[*Gedanken um Raphaels Form*]。黑策雄辩地评述这位文艺复兴大师如何奇迹般地处理曲线和圆的基本形式，尤其是1509至1511年间为梵蒂冈宫签字厅绘制的壁画上。确实，与拉斐尔同时代的艺术家——甚至莱奥纳尔多，令拉斐尔受到颇多启发的人——没有人如此成功地意识到绘画的形式结构中的纯美学魅力与形而上学含义。黑策为19世纪批评家忽略拉斐尔对几何形式的深厚感情而惋惜。事实上，拉斐尔的伤感主题过分迁就维多利亚时代的趣味而让其声誉自此受损。甚至连歌德也视之为堕落，责备（中肯地）他是矫情的拿撒勒派 [Nazarene] 浪漫主义的主要源头。黑策希望（他写道）更要从感觉的 [sinnlich] 而非道德的 [sittlich] 角度理解艺术家。不幸的是，自黑策1946年去世后的几十年里，其精辟独到的见解一直少有人引用，虽然现今的大多数学者视其为当然。

3 关于文学上以乌拉尼亚指代天文学形象（尽管大多晚于拉斐尔），见特雷普 [Treip]。



图6-3　拉斐尔，《天文学》，签字厅，1509年

样有很大的影响。[1]

同16世纪初所有受过教育的人一样，拉斐尔认为地球静止地处于宇宙中心，并被同心的、旋转的透明天球所围绕，这些天球包裹着七大行星和一些恒星。最外的天球，或者说原动天［*primum mobile*］之外，是最高天［empyrean］，在那里上帝统治着一切。这一图画般却又难于以图画表现的宇宙概念，传统上以象征性平面天球图的形式为中世纪和文艺复兴时期的世人绘出，如出自哈特曼·舍德尔［Hartmann Schedel］的《纽伦堡编年史》［*Nuremberg Chronicle*］中那幅著名的1493年木版画（图6-4）。[2] 这里我们看到

1　关于拉斐尔的托勒密制图学、天文学以及几何学方面的知识，见艺术家1519年致利奥十世［Leo X］有关古罗马平面图的信函，刊于戈尔齐奥的著作，第78—92页。同时参见韦伊-加里·勃兰特［Weil-Garris Brandt］，第127—159页。

2　赫宁格［Heninger］(2)，第14—45页。

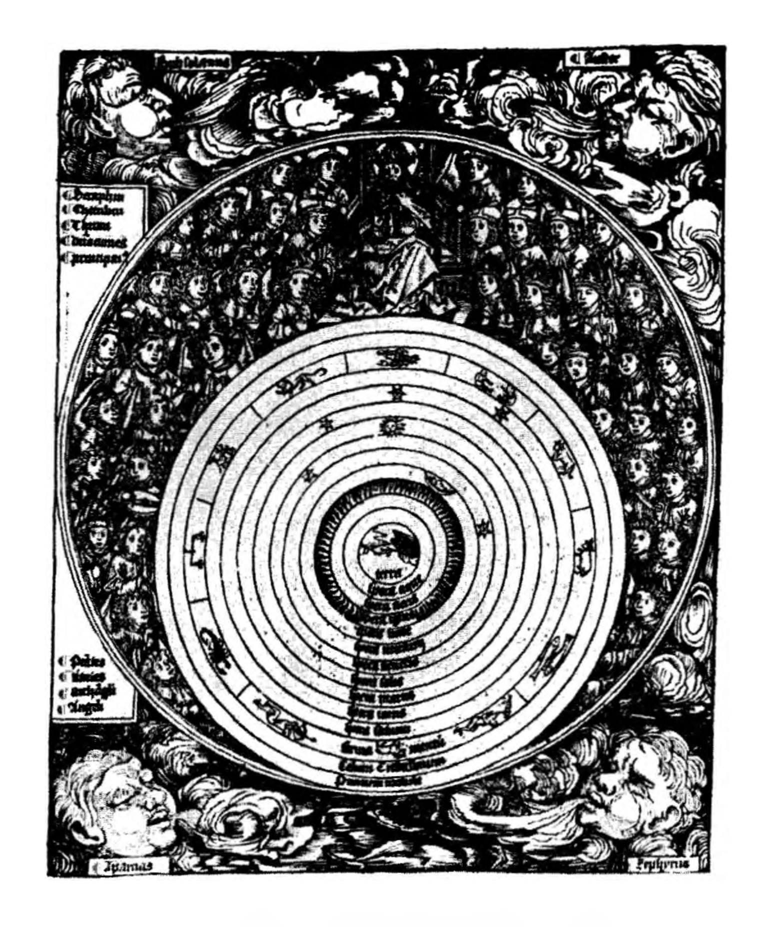


图6-4　出自哈特曼·舍德尔《世界编年史》，1493年

宇宙天体被抽象成平面的圆形，全都以地球为中心，除了神圣的最高天，画家将其画成偏心圆，以示其神圣的唯一性。

16世纪天文学家和神学家还认为月球之外的空间充满了“以太”[aether]。这一形而上学实体与七个物质形态的行星、一些恒星，以及它们之间的透明天球，都是永恒不变的、完美的构造。[1] 在原动天之上，即便太阳的能量也应停息，上帝本身成为唯一的光源。“自然法则并不适用”[La legge natural nulla releva]，正如但丁在《天堂》[*Paradiso*]（第30首，第123行）中

1　关于古代和中世纪西方如何看待宇宙中物质的本质，见林德伯格（5）。



图6-5　伪亚科皮诺，《圣罗穆尔德的幻觉》，约1375年，博洛尼亚国家美术馆

所写的。这位托斯卡纳诗人，与爱人贝雅特丽齐［Beatrice］一起接近神圣的宝座时感到惊奇，因为远近的一切可以同样清晰地看见。由于天庭没有凡俗物质，他的视线不会为空气透视所惑。[1]

图6-5以称作《圣罗穆尔德的幻觉》［*The Vision of St. Romuald*］的蛋彩嵌板画来说明，由14世纪末的地方画家伪亚科皮诺·迪·弗朗切斯科［Pseudo-Jacopino di Francesco］所作，他绝少受到乔托新画法的影响。画面显示这位睡着的圣人梦见与僧侣同伴一起爬梯上天堂。所有人物在中世纪画家惯用的平

1　关于此处及后续所有但丁的引文，见但丁·阿利吉耶里［Dante Alighieri］(2)。

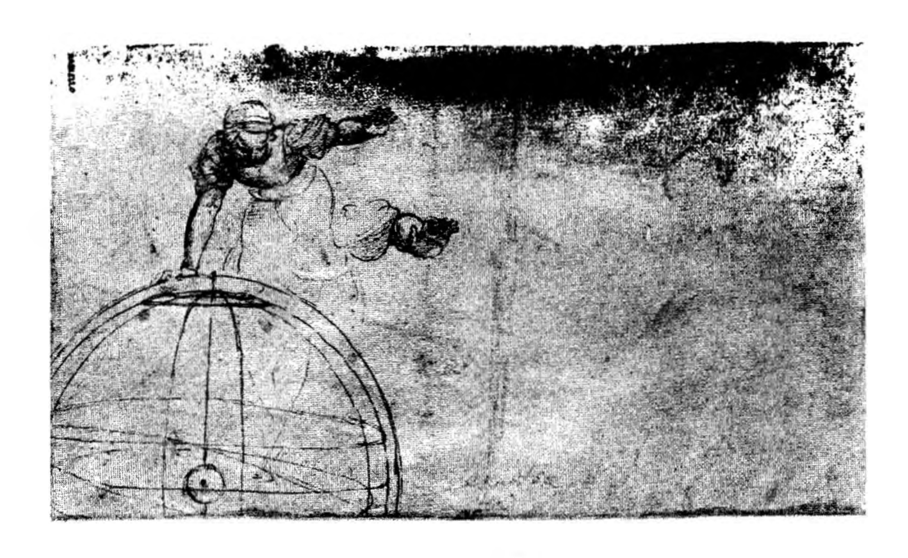


图6-6　拉斐尔，《天文学》草图，约1509年

面化、非错觉的金箔背景下仅显出轮廓。不过，“亚科皮诺”需要修改这一旧图式以表达一种观念，他的教友们正从有形的地面空间进入天国以太。其可爱的解决方案是将梯子画成靠在金色背景上，好像靠着一面墙。随后他在画面顶端绘制了一个鲜蓝色星光点点的洞，那些攀爬的人物可以从中跨越地球进入以太天堂。[1]

迄至15世纪末，在修士利波·利皮身上我们已经注意到，画家们不仅熟知欧几里得几何学，还面临着把过时技法（如金箔）转变为更适于透视和明暗法则的方法的问题。在拉斐尔的小幅湿壁画《天文学》中（图6-3），他想绘制同心的透明球体，像从上帝在天堂的视角所见的样子。在一张具有启发性的草图中（图6-6），我们看到他的灵感来源于一个普通的浑天仪，托勒密宇宙的传统三维模型。[2]

图6-7是这个装置当时的版画，出自雷吉奥蒙塔努斯［Regiomontanus］

1　卡夫塔尔［Kaftal］/比索尼［Bisogni］，第904页。

2　现藏于维也纳阿尔贝蒂娜美术馆［Albertina Gallery］（Bd. 8, 188）的这幅草图，菲舍尔编目为no. 237而乔尼德斯编为no. 253r（第195页）。正如拉什-法布里［Rash-Fabbri］所述（第98页），这里描绘的肯定不是“星象仪”。星象仪是18世纪发明的类似钟表机械装置的日心系统模型。特雷普和琼斯/彭尼都犯过这个错误。



图6-7　雷吉奥蒙塔努斯《托勒密天文学大成概论》中的木刻版画，1496年

的《托勒密天文学大成概论》[*Epytoma in Almagestum Ptolemaei*]（威尼斯，1496年）[1]的扉页。由于拉斐尔的草图是从同一透视视角显示浑天仪，我们可以假设这本书，或另一本类似的书籍，很可能就在尤里乌斯本人的图书馆内。也有可能一座真实的三维浑天仪就在这个房间内。中世纪末这种器械的独特形式象征着学术追求，因而成为每位所谓的知识分子的书房内的必备器具。[2] 现今我们会注意到，浑天仪对于雄心勃勃的教皇而言，可能还具有特定的政治与科学意义。



图6-8 浑天仪

203

追溯到托勒密时代，这种浑天仪用于定位十二星座以及理解宇宙几何学。它通常由金属环构成，这些金属环组成一个空心网状球体，以一个小实心球代表地球悬挂于内部的极轴上（图6-8）。设置成直角的两个垂直环表示想象中巨大的天球分至圈，经过南北两极。另五个环平行地穿过这两个环，分别代表着北极圈、北回归线、天赤道（赤道）、南回归线和南极圈。第六个环代表太阳的轨道或黄道，并分成十二星座（宫），斜穿过赤道和春（白羊

204

1 史迪威，第33—34页。

2 见赫宁格（2），第39—42页；以及狄克逊 [Dixon]（2），他翔实地分析了15世纪托斯卡纳艺术家乔凡尼·迪·保罗 [Giovanni di Paolo] 如何与拉斐尔一样，将浑天仪模型用于画作《逐出乐园》[*The Expulsion from Paradise*] 中，此画现藏于纽约大都会艺术博物馆。此外，15、16世纪画家常在圣杰罗姆和圣奥古斯丁图画中描绘浑天仪作为博学的象征；如维托雷·卡帕奇奥 [Vittore Carpaccio] 1507年描绘了奥古斯丁在威尼斯的圣乔治学院 [Scuola San Giorgio degli Schiavoni] 的壁画。莱奥纳尔多·达·芬奇曾绘制一幅自己在以透视法描绘浑天仪的草图（folio 5r, Cod. Atlanticus, 安布罗西亚图书馆，米兰），这确实表明文艺复兴艺术家不只熟悉这一仪器，而且利用它作绘画练习，有些类似于“马佐基奥”（图5-6）。

座）、秋（天秤座）二分点。黄赤交角23.5°决定了两条回归线的位置（夏至、冬至分别落在巨蟹座和摩羯座上）。黄极与二至圈相交形成南北极圈（分别与赤道上下成66.5°角）。还可加上另一个环来表示观者的视平线，用来称呼所要求偏离极轴的位置。[1] 这种浑天仪可以说没有明显的神学作用。其原理是纯数量的，直至现今应用于望远镜的赤道仪座上。[2]

回到拉斐尔的画作上，我们注意到艺术家首先考虑的是描绘两个同心的透明球体，内部球体的构造像是一座浑天仪。我们注意到他在中心画一小球代表地球，其极轴向上延伸并与外部球体相交，（几乎）与乌拉尼亚的视线平行。我们看出两个分至圈穿过北极，极点之下是北极圈和北回归线，另有一段斜线代表黄道，还有一些粗略的曲线表明艺术家正在确定北回归线和天赤道的位置。[3]

在完成的画作中（图6-3）我们仍可以看到，从草图转绘至壁画表面的略图显示出，倾斜的黄道恰好在地球上方穿过水平的赤道（但其倾斜角度与草图相反）。显然，拉斐尔也断定嵌套式透明球体在终稿中难以实现。如果他运用了创造透明物质的所有错觉技巧（如文艺复兴时期艺术家惯常的那样），他就得展现内表面的反射光和折射光，以示那个神圣而永恒的球体与任何尘世物质一样服从于光影同样的偶然性。如我们所见，他采取折中的办法，仅描绘一个点缀着金色星辰的蓝色半透明天体，另一面显露出乌拉尼亚的双腿。

尽管地球被清楚地显示在中心位置，但环绕旋转的行星一个都没有表现出，甚至连太阳也没有。而天球内部的地球被另外的宇宙源照亮，它也照亮了最高天的缪斯和她的两个随从丘比特（重心不稳地立于不相称的云朵上）。

---

1 关于这个天文术语准确易懂的解释，见李约瑟（3），第179—180页；伊德［Eade］。

2 古代中国也曾独立地发明了浑天仪，见李约瑟（3），第339—359页。

3 我们仍能重述拉斐尔将尺子和罗盘置于这条赤道线上的步骤。他从这里所测量的北极圈约位于67°。他在内部所画的小圆是浑天仪的另外共同特性，标明某颗星球接近极点的路径，如大熊星座［Ursa Major］，它在欧洲纬度上从不见下落。不过在这幅图中，艺术家并不在意测量黄道角度或北回归线位置。

拉斐尔在描绘她们的时候，心目中想必对但丁《天堂篇》(第30首，第107行)的文字已有明确的意象。事实上他将天空的炽热描绘成反射自原动天顶部[*reflesso al sommo del Mobile Primo*]；也即向上反射自天体表面，因而照在乌拉尼亚的脸上。而理性的艺术家所能描绘的这一神性光辉，便是将其画成普通光线，仿佛从外部发射到画面上，根据欧几里得光学法则照到球体而反射到乌拉尼亚身上。[1]

就我们所知，传统上中世纪艺术家利用扁平的金箔来象征天堂的光辉。正如我们看见的，金子在文艺复兴时期的绘画中并没有起到多大作用，因为它强调了图画表面而与透视纵深相抵触。即便拉斐尔以理性的三维空间描绘了但丁的中世纪幻象，他仍试图融合旧的镀金技法与文艺复兴时期的透视逻辑。没有简单直接地使用金箔，而是在金色表面上刻画，以使《天文学》的背景及其他小嵌板看起来像早期基督教的马赛克。结果便是他所绘的人物——即使是乌拉尼亚，她被认为是居于原动天之外的神圣以太中——看起来也像是站在普通的凡尘之中，而那意在象征天国的金色背景，看起来仍像是一面不协调的、些微凹进的墙壁。

拉斐尔的小幅天顶壁画最有趣的细节，是他沿着天球仪圆周所画的星座。

赤道上方从左沿顺时针方向看起，我们可以辨认出海豚座[Delphinus]、天鹅座[Cygnus]、飞马座[Pegasus]、天龙座[Draco]、仙女座[Andromeda](或仙王座[Cepheus]?)、鲸鱼座[Cetus]、南鱼座[Piscis Notius]、另一条无法辨认的鱼[Piscis Meridionalis]、水瓶座[Aquarius]以及摩羯座[Capricorn]。[2] 这些星座不是从地球上的视角而是根据原动天外乌拉尼亚的视

1 同样不协调的是，拉斐尔还在球体下侧画了一束反射光，暗示了附近存在着另一发光天体。幸运的是没有人注意到，否则这位画家也许会遭受90年后可怜的乔达诺·布鲁诺[Giordano Bruno]一样的命运。

2 拉斐尔独特的星座图，尽管粗略且时有讹误，但在总的形式方面与当时星座图中的规范描绘相类似。如丢勒1515年的木刻版画《北方天空与十二星座图》[*Imagines coeli septentrionales cum duodecim imaginibus zodiaci*]，复制于克纳佩[Knappe]，第320页。拉斐尔的草图[*sinopia*]上端原本镀金的星星几乎都已剥落，只有部分被后来的修复者替换过。

角描绘的。拉斐尔对这些星座布局进行了一定的艺术处理，以使中心的地球更易见，但他明显地将人马座倒置形体的“巨大方形”直接置于乌拉尼亚的目光下。这个壮观的星群在秋夜最为清晰耀眼，从9月份至11月份，在我们星球上与罗马纬度相同的任何地方观看都是如此。[1] 显然拉斐尔想显示出他的天文学女神看到天马座时的惊奇状态（他甚至为她做手势的手单独画了一幅草图），像是在强调某个特定时刻宇宙中发生了戏剧性一幕，当时世人也能看见这颗明亮星球的形成。[2] 第一位注意到拉斐尔小幅壁画中星座的现代学者南希·拉什-法布里［Nancy Rash-Fabbri］，推测画家正述及尤里乌斯的教皇选举，它发生在1503年10月31日晚上9点（公历11月10日），正是天马座在夜空中高度可见的时候。[3]

有一幅纽约上空的星图显示了与罗马大致相同纬度的纽约市，在10月底11月初晚上9点钟所看到的秋季星空。[4] 由于教皇尤里乌斯在人马座这一不朽的神话标志下登基，他期望一个强有力的繁荣统治时期。于是拉斐尔给予其赞助人天文学上的恭维。然而他也许只是将这一恭维作为《圣典辩论》中更为堂皇的上天垂顾的前奏。

1 正如琼斯与彭尼所言（第57页），并不只是“每年中的几天”，而是几个月，也即8月底至12月初期间任何夜晚的不同时间。

2 见艾伦［Allen］，第321—329页。有趣的是，1639年约翰·弥尔顿游历罗马并被领入梵蒂冈宫。确实，他是在为伟大史诗《失乐园》收集想法并做笔记。很可能正当他描写卷7的开场白时（见本章的开篇引言），在想象力敏锐的时刻（在他悲剧性失明后），他回想起签字厅拉斐尔的《天文学》中这一微小而相关的细节。感谢威廉姆斯学院英语教授约翰·赖克特与约翰·钱德勒［John W. Chandler］的这一观察。同时参见特雷普。

3 既然拉斐尔没有显示行星出现在这些星座中，拉什-法布里精确推定的天文日期便难以证实。

4 我诚挚地感谢威廉姆斯学院天文学场域记忆教授杰伊·帕萨乔夫在这些问题上的巨大帮助。我确信拉斐尔显然打算借由画面的中心焦点来强调赤道与黄道在春分点上的交汇。根据古代占星术，白羊座正是太阳跨过赤道向北回归线移动，而北半球白天逐渐变长过程中穿过的星座。图画上拉斐尔的笔迹清晰可见，两条交叉线表明中心的地球正上方的这一时刻。艺术家没有画出星座形象，显然是因为它会遮住地球的图像。尽管如此，16世纪的知识分子不会错过对白羊座公羊形象的含蓄表现，它是十二星座之首，也因此更被称作“圣彼得的钥匙”，依照他是第一位使徒和基督教的代理人。白羊座不仅被喻为春天复苏之星，而且众人皆知它受火星护卫，它又象征着行使军事权力；见艾伦，第78页。而在现代的天文图中，由于分点岁差（每72年1°），太阳沿椭圆轨道向北的路径被描绘成在春分点的双鱼座上与赤道相交；见伊德，第12—13页。



图6-9　拉斐尔，为《圣典辩论》所作草图，约1509年，温莎堡皇家图书馆

无论拉斐尔是在《天文学》之前还是之后画了《圣典辩论》，他在较大208幅的壁画上再次改变传统模式的浑天仪，以描绘所含的宇宙空间。我们可以通过考察学者们长期以来认为揭示了画家循序渐进的视觉思维的现存众多草图中的三幅，追溯其这一方面观念的演进。普遍认可的观点是，幸存下来最早的习作，现存于温莎堡的皇家图书馆（图6-9），表现了拟建墙壁设计提案209的半立面图。[1] 这幅草图表明画家从一开始就便力图将人物安置在三个对称并近乎平行的水平层上，其间是开阔的天空。拉斐尔还为他的构图设计了一个复杂的焦点，在图画的地平面与顶部间变动，他将包围在圣光中的耶稣置于顶部——正如他在一幅草图背面所写，“来自天国的中心，高于朱庇特或马尔

1　菲舍尔，no. 258；乔尼德斯，no. 197（第181页）。

斯”［dal centro al ciel più su che jove e Marte］[1]。

由于拉斐尔意识到真实门道为右边的墙壁所截（见图6-2），因此在首幅草图中就尝试以左边想象的建筑元素来平衡这扇门，他将人物置于一座古典门廊内，并指向饰有教皇三重冕和漩涡图案的圆柱。在相邻的空间内，拉斐尔粗略画出更多的人物聚集在一起，可能是要与右边类似的一群人相对应。他尚未画出祭坛。仅有部分栏杆占据了较低的中部空间，而所画的人物没有受到观众的关注。

画家在底层上方画出一片云，向后弯曲进入图画虚构的深度中。在云层上方他画出一排人物。然后他加上第三层，同样是坐着一排人物的一片云并退入画面深处。这片云并不弯曲，而是画成笔直地穿过。拉斐尔布置三位人物于其上，然后是耶稣与头顶上的圣父。

我们注意到拉斐尔不只以水平并列的方式安排人物，还试图在三层结构中获得令人信服的垂直表现。这就是左边高个女性和圆柱的形式功能。然而他更关注其设计布局的中轴线，让顶部的圣父、中排的耶稣与另两位人物以及底部的栏杆排成一行。尽管他已创造出令人满意的建筑式错觉空间，其焦点仍未解决。如耶稣就消失于画面深处，而底端无关紧要的栏杆并未提供任何的视觉高潮。

---

1 有趣的是，在其中一幅人物画稿背面（菲舍尔，no. 281；乔尼德斯，no. 218r），拉斐尔题写了一首十四行诗（菲舍尔1:131）。它遣词粗鄙，许多诗行已被删去。具有讽刺意味的是，画家似乎有意疏远他本人的艺术所引起的那种新异教信仰［neo-paganism］风尚（同时参见戈尔齐奥，第186—187页）。

我正式宣布并大声呼唤你是我的主。
不是萨图恩、朱庇特，也不是墨丘利或马尔斯。
你来自天国的中心，高于朱庇特或马尔斯的地方。
你所捍卫的，既非天赋也非艺术的价值……

［?］grido e dicho o che tu sei el mio Signiore
nõ saturno ne Jove mercurio ho marte
dal centro al ciel piu su che Jove e marte
e che schermonõ val ne ingegno ho arte...



图6-10　拉斐尔，为《圣典辩论》所作草图，约1508年

显然拉斐尔决定在顶部与底部的不同表现上解决这些问题。关于后者，如现藏于尚蒂伊［Chantilly］孔代博物馆［Musée Condé］的一幅草图中，他为了一组类似于莱奥纳尔多《博士来拜》［*Adoration of the Magi*］中的人物，而很快略去了温莎堡草图中左边的建筑门廊，但最初并没有为中心找出一个合适的解决办法。[1] 为寻求上部分更合适的布局，如我们现今在牛津阿什莫尔博物馆［Ashmolean Museum］所见的精细素描（图6-10），拉斐尔开始考虑如果让两道云堤都弯曲，它们在虚构空间的形式就会巧妙地重复墙壁的半圆形状。[2] 遗憾的是，照片复制品并未充分显示出画家如何突出上层的左侧来加强这一错觉。而我们清楚地看到他强调了所有侧面人物的弯曲躯体，让他们微

1　尚蒂伊孔代博物馆（Fr. 8, 45；菲舍尔，no. 260；乔尼德斯，no. 199）；以及温莎堡（皇室藏品12733；菲舍尔，no. 261；乔尼德斯，no. 200）。有些学者认为尚蒂伊草图原本归于温莎皇家藏品12732，但这似乎不太可能，因为两幅草图中的人物以不同的比例绘制。在尚蒂伊草图中，拉斐尔删掉了栏杆，在构图稍低中心位置留出空白区；而在温莎堡草图上他又恢复了栏杆。

2　阿什莫尔542（菲舍尔，no. 259；乔尼德斯，no. 198）。

微前倾，仿佛坐在一个半球的内表面。

但拉斐尔仍不确定如何从审美上和等级上给予耶稣图像适当的强调。事实上，在阿尔莫什草图中他极为关注这一难题，以致圣父被弱化成画面顶部的一处污痕。现在耶稣从上层那群人中凸显出来。为了着重强调，画家还在下层画上一位福音书作者，引人注目地指向耶稣。这样，他便造成两个人层间模糊不清的空间关系。如下一层看起来比上一层靠前得多，而在上层后部的耶稣像是直接位于下排中间两位圣人的头顶上。而细看当初的草图所显示，画家将耶稣画得稍大，表明（若是他意在追求透视而非等级效果）救世主［Savior］仍位于下层两位人物的前方。我们还注意到，耶稣下方两边空白处有两道垂直的银尖笔笔触。我相信这些是拉斐尔的原笔画再现，当时他开始设想在画面上从上往下构造一主轴，位于靠后的拱形人群的前方。[1]用数学术语来说，此刻他正将其虚构的图像空间想象为一个球形象限仪，另有Y V、耶稣与底部未注明人物构成的前平面的极半径（图6-11）。

这一概念在拉斐尔的下一幅草图中更为明显，该图现藏于大英博物馆，再次仅画出了半圆构图的左下角部分（图6-12）。[2]在早先草图中解决了上方人物的总体布局后，画家将注意力转回较低区域，希望最后将构图的所有部分结合在一起。我们注意到他最终决定删去令人生厌的栏杆，代之以放有圣杯和圣餐的精致祭坛。圣饼［Host］的圆形完美地补足了其周密设计的审美形式和思想内涵。我们在此看到他画出两条长曲线时的自信，一条勾勒出教士人群身后的尘世风景，另一条在正上方与之近乎平行，表现了圣人和使徒最终将坐于其上的天国云端。[3]

拉斐尔画面的垂直表现问题也得到了巧妙的解决。在右边的祭坛及其略

1　正如一些学者的观点，这些线条与摹绘网格无关。没有任何论据表明图中其他地方所有垂直或水平线出于那种目的而绘。

2　大英博物馆1900-8-24-108（菲舍尔，no. 267；乔尼德斯，no. 204）。拉斐尔的学生彭尼［G. F. Penni］显然也在另一幅图画中绘制了这一习作的精确复制本，现藏于卢浮宫，见乔尼德斯，第68页。

3　在藏于大英博物馆草图的左上角，拉斐尔画了一条短弦，显然意在表明整个墙体框架的半圆形。

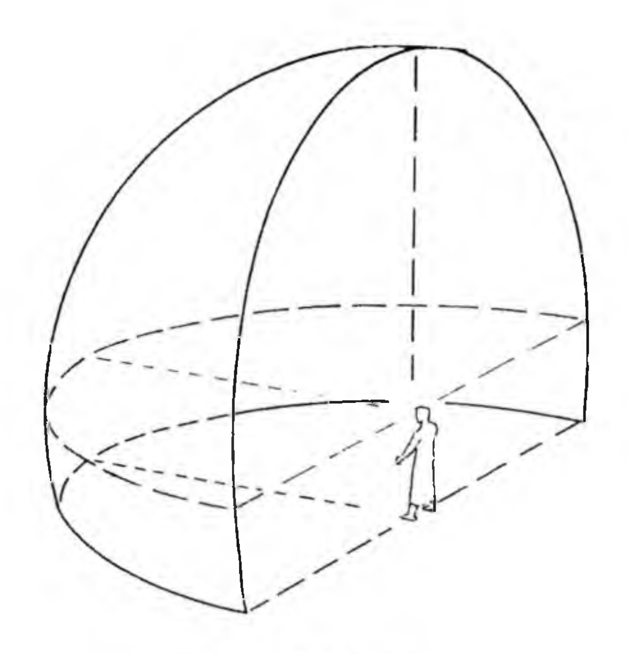


图6-11　四分之一球体

图6-12　拉斐尔，为《圣典辩论》所作草图，约1509年

在圣饼的圣杯的上方，画家第一次将圣灵［Holy Ghost］图像框在一个圆中（右上角）。现在他的构图获得了一个满意的焦点。在终稿的上半部分，他将圣父、圣子和圣灵显示在一系列递降的圆中，而在这一天体半径的底部是一座祭坛，耶稣将在其上圆形的、圣餐的变体形式中现身。[1] 因为拉斐尔清楚地 213 知道，圣饼图像对于其赞助人有着特殊的意义。确实，这是教皇的神圣徽章［impresa］，尤里乌斯想在这一标志下带领军队投入战斗。

在考察《圣典辩论》的着色版本前，我们应特别关注关键性的大英博物馆藏习作中，祭坛与悬浮其上的圣灵的相对位置。画家所画围住圣鸽的圆并没有以云堤线为中心，而是稍高一点；换言之，似乎它被精心安排在了背景云堤的前方，从而融入图画的正面空间中。随后拉斐尔直接将祭坛置于其下。 214 我们还注意到祭坛的位置相当靠前，终稿壁画中也会如此（图6-2）。在这幅草图中我们还看到拉斐尔画出含有圣餐的圣杯底座，恰与尘世背景的曲线相交。

现在让我们尝试重构艺术家的思路，他如何将小稿构图转移到大块砖石墙面空间（10×7米）的可怕虚空中。在他反复思考这个问题并提炼想法的过程中，可能已为墙体结构类似于环绕天国宇宙的巨大分至圈所触动。其最后的设计显著地对应了宇宙的四分之一剖面图（象限仪剖面图），如同浑天仪的缩微模型。

事实上，拉斐尔必定意识到浑天仪是教皇尤里乌斯的密友葡萄牙的曼努埃尔一世［Manue I of Portugal］最喜爱的徽章。它象征着国王的基督教雄心，要将这种信仰转播到地球的遥远角落。[2] 1507年，尤里乌斯甚至在教廷之前让雄辩的神学家维泰博的贾尔斯［Giles of Viterbo］就新近葡萄牙人在东方的光

---

1 关于拉斐尔《圣典辩论》中变体圣餐礼的象征性描绘及其对伽利略与他17世纪因被视作异端而受审的影响，见雷东迪［Redondi］，第203—227页。

2 曼努埃尔国王在他所有的公共纪念物中夸示其浑天仪徽章；尤其注意托玛尔［Tomar］的基督修道院［Convento de Christo］牧师会房间室外的巨大雕刻窗，由迪奥戈·阿鲁达［Diogo Arruda］（1510—1514）设计，插图见沃尔［Wohl］/沃尔，图版65。

荣征服进行布道，强调新的“基督教—维吉尔”的黄金时代将在西欧出现。[1]

在1509年冬季，拉斐尔决定着手绘制《圣典辩论》，他将两条长的平行曲线从草图转移到提前准备的墙面灰泥层［arriccio］上，并让它们与半圆结构保持着浑天仪上北极圈和北回归线与分至圈的相同关系。我主张画家将一个罗盘置于水平线中心，然后约以66.5°和23.5°画出这些贯穿框架的曲线，并对应于浑天仪上北极圈和北回归线与子午线的交点（图6–13）。在最终的壁画上，这些曲线分别划分出盘旋在圣父（“地平线”从他头顶的光环穿过）两侧的六位天使的头部以及云堤高台的上部位置，先知、信徒和殉道者将坐于其下。[2]

215

216

拉斐尔绘制壁画的第一步是在灰泥层上画出一条水平线，正好是他打算在前景底部所绘一组人物的高度。[3] 同时他还决定让这条线与赤道半圆相一致，隐藏于远山的尘世风景下，这些山丘从画面两侧向中景的祭坛坡度渐缓。接下来他将画一条垂直的长线经过中心，作为他想象中的宇宙天球的极轴，圣父、圣子和圣灵将位于其上成一线。

在最后一层灰泥［intonaco］上，拉斐尔没有画圣杯，而是画了圣体匣内的圣饼，以一种新式的圆形来强化该器具的宇宙意义。[4] 不过，拉斐尔还是将中心消失点设定在灰泥层上，在赤道—地平线［equator-horizon］穿过圣体匣柄的位子。这个点将会影响到所绘建筑物的透视方面，而添加这座建筑物

1 这次演说副本被送往埃武拉［Évora］的曼努埃尔国王那里，并留存至今。关于尤里乌斯复兴黄金时代的观念及其与16世纪葡萄牙和西班牙殖民野心的关联，见奥马利［J. O’Malley］，尤其是注6，第267页。另一位现代史家甚至认为拉斐尔在签字厅的全部四幅壁画主题是受贾尔斯布道的启发；见普法伊费尔［Pfeiffer］(2)。甚为有趣的是，在拉斐尔开始绘制《圣典辩论》的那个时刻，曼努埃尔的海军在1509年2月2日发生在印度沿海的第乌战役［Battle of Diu］中赢得对穆斯林的重大胜利，由此开辟了东印度改变宗教信仰之路；见利弗莫尔［Livermore］，第141页。

2 由于拉斐尔在壁画空间内绘制了一个造成错觉的横向延伸砖石框架，难以断定画家当初测量两个水平半圆形的确切位置（在外部的砖石边界、所绘的内部边缘还是两者之间某处）。经杰伊·帕萨乔夫与我测量《圣典辩论》的大幅照片（18½×13¾ 英寸）得出，从穿过圣体匣基座那条线（拉斐尔的地平线）中点起，左边云台顶点与所画框架内边线呈23°交角，而与同侧标志天使头顶的线条呈64°交角。

3 拉斐尔《圣典辩论》中的透视布局，几乎完全遵照阿尔贝蒂书中所规定的步骤，阿尔贝蒂（1），第56—57页；见埃杰顿（2），第41—63页。

4 雷东迪，第206—207页。

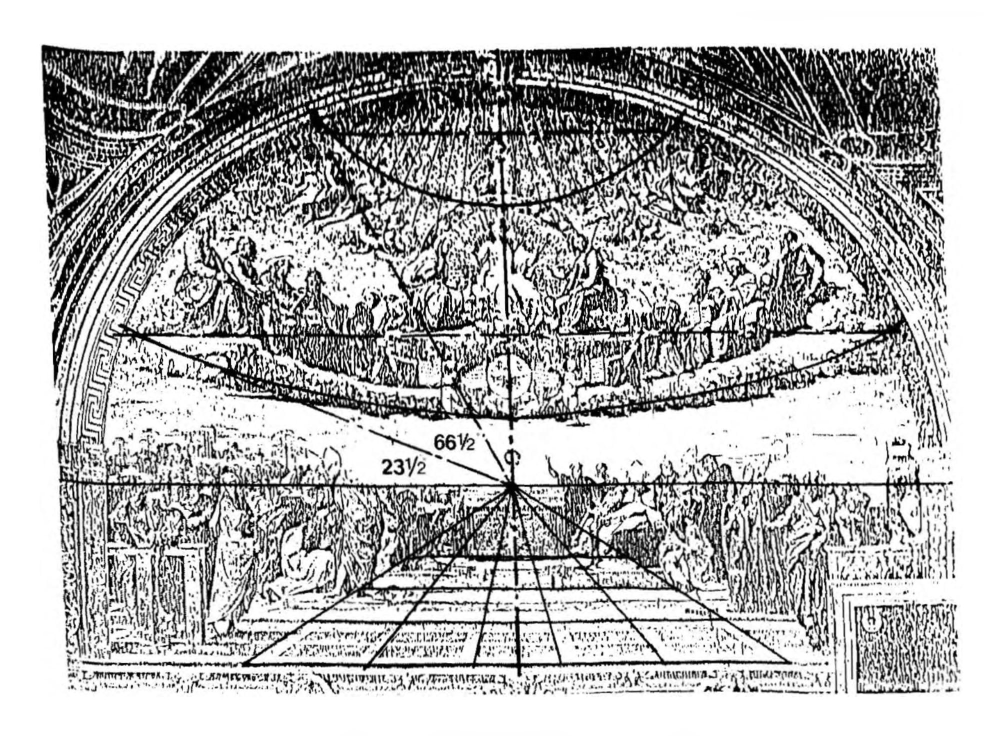


图6-13　拉斐尔《圣典辩论》构图图解

是为平衡右边的门框。拉斐尔打算消失点与预期的观者同等高度，这是文艺复兴时期透视实践中的通行做法，正如莱昂·巴蒂斯塔·阿尔贝蒂所解释的："这个中心（消失）点合适的位置，从基线算起不高于画中所绘人物的高度，因为这样观众与画面中物体看起来就像在同一个平面上。"[1]

尽管事实上这幅壁画的基线大大高出签字厅的实际地面，我们还是能想象自己立于画面虚构的前景中，在延伸的网格状地面上，恰好身处左右两位身着长袍手指向祭坛的两个男子中间。一旦"置身"画中，我们即刻看到这些人物的眼睛同我们一样，与消失点处于同一水平上。拉斐尔打算以这点，整幅画的辐射中心，表达出上帝乃宇宙中心的含义；他从天堂降临这圆形的地球，以圆形圣饼的形式显现于世人前。

1　阿尔贝蒂（1），第54—55页。关于几何线性透视中的"视平线人体等高构图"［horizon-line isocephaly］法则，见埃杰顿（2），第26页。

按照通常的做法，拉斐尔从顶部开始其壁画的实际绘制工作。他现在决定将场景中最缥缈的元素置于最高的“北极圈”内，被以伪装成灰色云朵的雾状丘比特所构成的远处弯曲云堤为背景的飞翔天使的头部围起。在上方，他画出更多的丘比特，在他们上升到拱形空间的顶点时，色彩变为金黄色。受到《天堂篇》（第30首，第124行）中优美文字的启示，他想要他的天堂图景在“永恒玫瑰的黄色”[nel giallo della rosa sempiterna] 中达到极致。他（同但丁一样）[1] 知道太阳在“北极圈”内每年有六个月不会落下，是但丁笔下天堂的“纯洁之光”[pura luce] 现成的天文学隐喻。附带说一句，教皇尤里乌斯二世尤其喜爱但丁的比喻，画家在底部区域把诗人的独特肖像置于神父与神学家之间，进一步地满足了他的赞助人。

拉斐尔再次运用了传统的金箔作为最高天空间的辨识图式，但这里的错觉程度更胜于天顶的小嵌板。事实上，他设想《圣典辩论》最上部分由灰泥浮雕上一种建筑式、半圆形壁龛样系列线条来布局，线条从半圆结构的顶点向下辐射，并在上帝后面围成天使圈的透视曲线。在这些线条之间和后面，他画出一些模糊不清的丘比特，当他们从云中飞升入以太时变成了金色。画家随之做了一件有趣且有效的事情：在这半透明的天穹上点缀了数百个珠子大小的金色节点，凸起的一撮撮灰泥都恰好嵌入最后一层灰泥表面，因此他们看起来宛如从顶部倾泻而下，填满被丘比特占据的整个区域，甚至与上帝画像的边缘和耶稣身后的宝座相重合，最终像甘露蜜 [manna] 一样落入下方灰色的丘比特中（图6-14）。

尽管拉斐尔可能是从平图里基奥那里借鉴了这一凸起灰泥概念，后者将它当作一种装饰技术应用于早先博尔贾家族全部寓所上，但拉斐尔显然是以小金色球象征神圣物质的微粒本质。[2] 也许他了解些培根的“种”或德谟克利

1 但丁·阿利吉耶里（2），第905页。

2 拉斐尔可能也知道卢卡·西尼雷奥利 [Luca Signorelli] 数年前在奥尔维耶托大教堂 [the Duomo at Orvieto] 系列壁画中，以同样的灰泥技术描绘天堂景象。见哈特，第484—485页。



图6-14　拉斐尔，《圣典辩论》（局部），签字厅，约1509年

特的“原子”[1]说。无论如何，他立刻意识到在这种情势下旧传统所造成的异常，而希望避免半个世纪前修士利波·利皮所面临的困境。如我们现在所见，拉斐尔决定在但丁超自然的虚无缥缈背景的光彩景象与他的天国居民客观的三维几何形式之间做出细致的区分。

211

在他的金色背景前面，由“北回归线”弧线形成的开阔地带中间，有单独云块的延伸平台，画家让神圣人物聚集其上。耶稣坐在圣母马利亚与施

1　伽利略在其1623年的《试金者》[*Assayer*]中描述了极其相似的内容，述及宇宙中所有超自然的、自然的光和热都是由微小的“燃烧粒子”[ignicoli]组成的。见霍尔[A. R. Hall]（1），第206—216页；德雷克（1），第268—271页；亦见雷东迪，第13—27页。雷东迪认为伽利略1633年因异端受审，并非真的关乎哥白尼学说，而更是被认为支持“原子论”所引起，这一理论违背了亚里士多德提出的光和热是四元素的非物质“特性”的解释。（见韦斯特福尔[Westfall]关于雷东迪的评论。）

219 洗者约翰之间的宝座上。在他的上方，持蓝色球状物的圣父摆出这样的姿势，他可见的身躯部分位于“北极圈”之上。要是拉斐尔将上帝画成仿佛融入这片金光灿烂的区域中而非从中显现出身影，造物主就会看起来像消融于后方金色最上层的那些形式一样模糊不清。换句话说，画家否认了上帝的以太空间特性，而通过金色灰泥对他进行了如此优美的象征表现。当然，造物主得清晰地站立那里，通过条状的灰泥线而进一步与金色背景形成对比。凑巧的是，这些线条看起来像是传统的制图经线。

往下看，与草图中一样，拉斐尔选择以云层的形式来描绘“北回归线”半圆，只是现在由飞翔的丘比特支撑着。画家让先知、信徒和殉道者坐于其上，他们在早先的草图中被分散在上两层之间。[1] 他们代表“凯旋的教会”[**Church Triumphant**]，并被安排在唯一不间断的弯曲行列上。他们所聚集的云层两端都接近墙构架的“分至圈”，因而与图画平面齐平。画家可能打算让这一云台的太阳时刻在6月21日夏至点高度穿过宇宙，以作为神学上的喜讯预兆，这一天是阳光在北半球天空停留最长的日子。

在最下方“赤道”区域祭坛的两侧，拉斐尔画了许多著名的人世神学家，代表着“战斗的教会”[Church Militant]。[2] 其中一位指向头顶上的耶稣。画家还决定延伸祭坛前方形的阿尔贝蒂式透视地板来扩大地平面。这有着将祭坛推向画面深处，并造成上下层之间隐约对齐的奇妙效果。要是我们将耶稣、圣父、马利亚和约翰与坐在后方的使徒及站在下方祭坛两侧人物的尺寸做比较，这种空间的不一致更让人困惑。似乎拉斐尔围绕救世主所画的一组人物从透视角度看要大得多，因为他希望支撑他们的云堤看起来远为靠前，事实

220 上是与图画平面相切的，如同使徒所坐的半圆形长云的方形两端。在同一纵

---

1 云上左侧的那些人物可认出是圣彼得、亚当、福音书作者圣约翰 [St. John the Evangelist]、大卫 [David] 和圣劳伦斯 [St. Lawrence]；右侧圣斯蒂芬 [St. Stephen]、摩西 [Moses]、小雅各 [St. James the Less]、亚伯拉罕 [Abraham] 和圣保罗 [St. Paul]。见雷迪格·德·坎波斯 [Redig de Campos]，第9页。

2 并非所有这些人物都易于辨认。而教会四神父被描绘成坐在祭坛两侧：圣大格雷戈里 [St. Gregory the Great]、圣杰罗姆、圣安布罗斯 [St. Ambrose] 和圣奥古斯丁。在他们的右边我们还看出圣托马斯·阿奎那 [St. Thomas Aquinas]、圣文德 [St. Bonaventure]、但丁和教皇西克斯图斯四世。见普法伊费尔。

轴上也与画面齐平的是被围住的圣灵，位于耶稣云台下前方。因此画家不是将圣三位一体置于祭坛上方而是前方，居于前景附近打手势的阿尔贝蒂式对话者之间空旷地板的上方。

为什么最具理性的文艺复兴艺术家拉斐尔，创造出这一种空间上的模糊性？如果我们回顾画家在乌尔比诺的早期训练，就会发现他知悉15世纪的这种透视技法传统。如他肯定见过皮耶罗·德拉·弗朗切斯卡为蒙泰费尔特罗的圣多纳托［San Donato］墓地教堂所作的神秘透视画（《马利亚、圣婴及圣人》［*Madonna and Child with Saints*］，现藏于米兰的布雷拉［Brera］）。拉斐尔想必折服于皮耶罗的欺骗性错觉效果，深壁龛内悬挂着有意模糊大小的著名"鸵鸟蛋"[1]。同样，拉斐尔也应该知道他的同行乌尔比诺人多纳托·布拉曼特［Donato Bramante］在米兰圣萨蒂罗圣母教堂［Santa Maria presso San Satiro］的独创性建筑杰作，营造出幽深的室内后殿的错觉效果。[2] 事实上拉斐尔跟随布拉曼特到罗马为新教皇工作，并且我们知道画家非常钦佩这位建筑师，甚至将他的肖像画在了《圣典辩论》的神学家中（左下侧手拿书本依着栏杆的秃顶者）。

就这点而言，我们不应当忽略拉斐尔在所有的梵蒂冈壁画上始终坚持以图画恭维其赞助人与指导者。拉斐尔在温莎的《圣典辩论》草图中用一个手势暗讽了尤里乌斯二世的虚荣。我们看到（图6–9）一个似天使的人物好像指着漩涡饰上的教皇三重冕，其上本应展示德拉·罗韦雷家族徽章。[3] 尽管这一露骨的指涉在后来习作中被删除了，但我相信拉斐尔的职责总是在以某种方式象征尤里乌斯重获他敬畏的叔叔教皇西克斯图斯四世的权力与威严之雄心。当画家开始绘制《圣典辩论》的底部区域时，我想他再次看到了有利时机，这次他通过阿尔贝蒂的透视法既隐藏又强化了他刻意的奉承。无论出

1　见迈斯（2）、（4）、（6）；吉尔伯特（2）。

2　哈特，第489页。

3　在温莎草图中，不只左边似天使的人物似乎指向了这些教皇徽章，在圆柱上方吹着号角的丘比特也指向下方相同的漩涡饰和三重冕。

221 于何种意图，我们这位天才画家确实让教皇陛下能够想象自己受到左边年轻人的召唤而应邀进入图画的虚构空间，正如阿尔贝蒂所说的那样。[1] 教皇尤里乌斯如何能抵制拉斐尔那非凡错觉手法激起的冲动，走向前迎接实际上只是绘在画中的已故亲属（右边戴着三重冕的高大无须人物通常被认为是西克斯图斯四世的画像）？他甚至幻想着自己走向所画的祭坛——他本人的祭坛，因为画家不是一次，而是两次将教皇的名字题在上面。[2] 离圣体匣还有一两步时，尤里乌斯可能想象自己驻足那里（而此时他的叔叔正抬手向他致意）。圣灵金色的光辉随后直接倾泻在他身上，当他像一组电路完成了沿着由欧几里得法则证实的圣三位一体的超自然轴线降临时，教皇便成为了天堂中三位一体的上帝与世人的重要连接（图6-15）。[3]

在最后的分析中，天国与尘世以这种样式化而又全然欧几里得式的基督教宇宙图景巧妙地连接在一起，暗示所有空间都是统一的、各向同性的、绝对的。甚而天堂中圣洁的脚将尘世阴影投射到天国的云层上；拉斐尔坚持认为它们应遵从适于下方尘世的透视数学法则。拉斐尔还消除了透明天体的任何暗示。即便如此，他还是以非凡的能力留下纯几何形式的自然美，而传达出神圣完美的真实感受。

尽管没有记载说明拉斐尔曾质疑神圣的教义，但其符合逻辑的艺术确实在宣告几何法则难以维持教会最珍视的宇宙结构声明。事实上，可以说画家绘制《圣典辩论》是为颂扬天体几何学，甚至可能是向当时在博洛尼亚学习的哥白尼表达智力上的认同。

222 最后，值得一提的是，拉斐尔在签字厅作画的这几个月里，卢卡·帕乔

1 阿尔贝蒂（1），第83页："而我希望有人在'历史'中，告诉观众发生了什么，并……以手示意往观。"

2 雷迪格·德·坎波斯，第10页。

3 我关于拉斐尔《圣典辩论》的形式和内容的评论，不应当被理解为试图反驳普法伊费尔（1）和温纳［M. Winner］的图像志研究。确实，我认为我本人的分析在这个范围内能够支持他们二位的读解，即拉斐尔在构造"天堂建筑"（温纳的论点）或新黄金时代的图式（根据普法伊费尔的观点）时，可能已深入了解基本的浑天仪结构模型。当然，这正是一位伟大艺术家的真正标志，他赋予其作品多层次的解释。

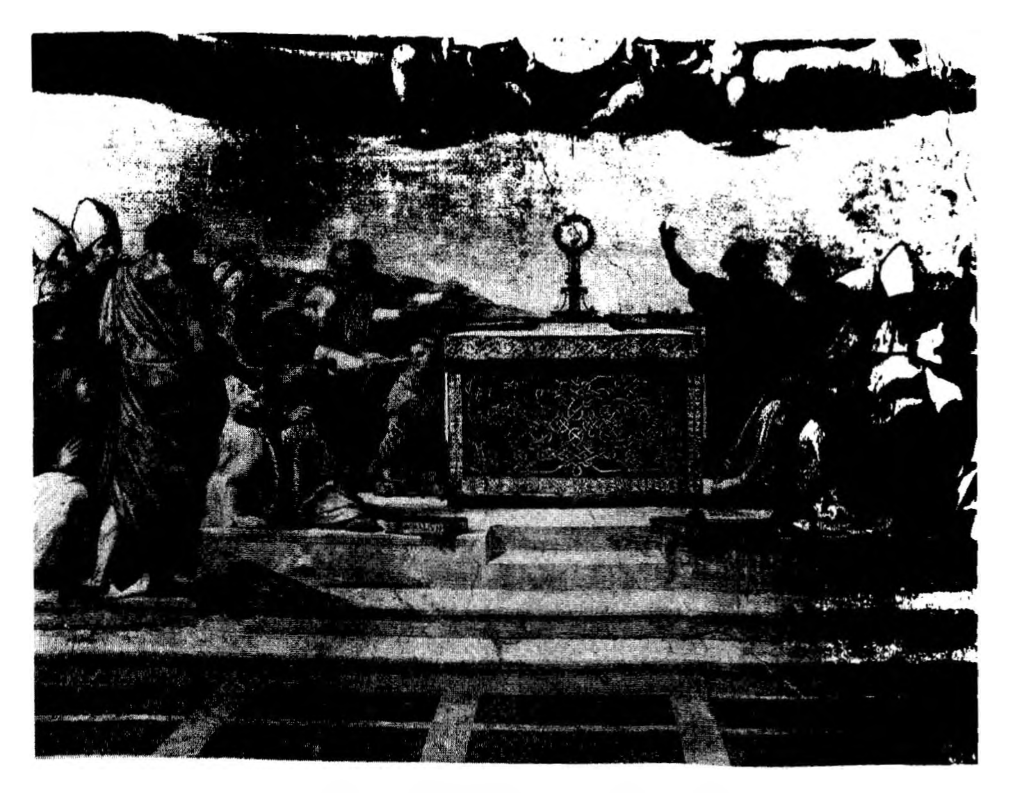


图6-15　拉斐尔，《圣典辩论》（局部），签字厅，约1509年

利的《神圣比例》出版了，其中包含了有关正多面体几何学的所有理想化含义。画家无疑在乌尔比诺成长期间听说过这位方济各会的数学家。无论如何，他知晓皮耶罗·德拉·弗朗切斯卡，并在乌尔比诺公爵图书馆内读过他关于柏拉图多面体的著述；顺便说一下，馆内饰有一幅引人注目的细木镶嵌错觉技法的浑天仪。[1]

1　戴维斯，第61—63页。关于拉斐尔对柏拉图多面体的兴趣是受卢卡·帕乔利和皮耶罗·德拉·弗朗切斯卡启发的进一步论证与证据，见埃米利亚尼（2）。

第七章

天文空间的几何化：伽利略、佛罗伦萨“绘图术”与月球的“奇怪斑点”*

绘画让画家的精神转变为自然之意志……它解释了自然受制其法则而显现之因由。

——莱奥纳尔多·达·芬奇，《乌尔比诺抄本》

[*Codex Urbinas*]（15世纪90年代）

去了解为何不时有伟大的科学家能摆脱文化模式的束缚而有杰出的发现是如此令人着迷，尽管过后这些发现看似平淡无奇，但在当时难以符合传统的智慧。[1]当表面的刺激与所讨论的现象毫无关联，而是一种外来的活动，甚至可能是科学家的闲暇爱好时，这类意想不到的思想解放更为有趣。

让我们想想伽利略·伽利雷[Galileo Galilei]，17世纪初最具观察力的科学家。众所周知伽利略对天文学的杰出贡献——如他发现月球有着与地球类似的地貌，金星有着与月球相似的盈亏，以及木星的四颗卫星——但很少有史学家，即便现代的伽利略研究者，认真关注过这位著名的佛罗伦萨人对美

---

* 本章的一个版本此前已发表于《艺术期刊》[*Art Journal*]，第44期，no. 3（1984），第225—233页。

1 关于约束性科学范例的观点，见库恩[Kuhn]（2）。

术的兴趣。正如它的同时代人常常谈到，他了解一些绘画知识，尤精于佛罗伦萨人专擅的绘图术［*disegno*］。[1] 于伽利略而言这项活动不只是随意的消遣。至少为其一项革命性的天文学发现做出了重要贡献：月球表面的物质面貌。

佛罗伦萨，这座为伽利略提供了如许文化教养的卓越城市，尤以其艺术传统为傲。成为伽利略赞助人的梅迪奇大公也意识到这一佛罗伦萨成就的政治与文化意义。1562年，在大公科西莫一世［Grand Duke Cosimo I］的赞助下，首位“美术史家”乔治·瓦萨里，建立了美术学院［Accademia del Disegno］，这是一个画家、雕塑家和建筑师以知识人而非仅仅以工匠行会成员身份聚集一处的机构，并就当时哲学、文学和科学的发展趋势进行交流。[2] 瓦萨里想建立一个中心，艺术家能在此关注几何学和解剖学的最新知识动态，他认为这些学科对于视觉艺术实践是必要的。在几何学下，他尤其强调了线性透视与描绘光影的研究。瓦萨里的儿子，小乔治［Giorgio il giovane］，在1590年被接受为学院的高级成员，他打算就这一主题编写一套专用的入门书籍，向他之后的16世纪同行扩展皮耶罗·德拉·弗朗切斯卡、莱奥纳尔多·达·芬奇和卢卡·帕乔利的传统。[3]

学院甚至还聘用一位专业的几何学者，一位外来的专家或访客［visitatore］，为缺少准备的行会成员讲授透视与明暗法。事实上，年轻的伽利略在1588年

1 伽利略对绘画的兴趣与制图技巧由他令人称道的弟子温琴佐·维维亚尼［Vincenzo Viviani］（1622—1703）完整地记录下来，他依据瓦萨里的《艺苑名人传》［*Le Vite de' più eccellenti pittori scultori ed architettori*］为主人公撰写了言多溢美的传记。作传者似乎将伽利略的科学实验进程，等同于诸如乔托这样的伟大佛罗伦萨画家们所使用的类似的经验主义观察方式。他甚至试图在伽利略出生（1564年2月15日）与米开朗琪罗去世（恰好三天后）之间建立起占星术的联系。见塞格雷［Segre］；亦见伽利略（2），19:597—646，维维亚尼已出版的《伽利略传》［*Racconto istorico della vita del Sig.r Galileo Galilei*］（尤其是第602页）。

2 雷诺兹［Reynolds］；巴尔兹曼。

3 见巴尔兹曼，第287—293页。在《佛罗伦萨与托斯卡纳的梅迪奇家族……》［*Firenze e la Toscana dei Medici...*］中有一页瓦萨里未公开手稿（Uffizi 4962A）的插图与简要描述，第145页。亦见第147页，提及小瓦萨里关于测量仪器的插图手稿（约1600年，里卡尔迪图书馆2138）。

申请过这个职位。[1]尽管没有他获得这份工作的记录，但也许正是在此期间，这位有抱负的数学家得到了画家罗多维科·卡尔迪［Lodovico Cardi］的友好帮助，他也被称作奇戈利［Cigoli］，比伽利略年长五岁且已是一位学院成员。[2]欧文·潘诺夫斯基研究过他们的通信，其中涉及绘画和雕塑的优劣。[3]1612年，奇戈利发现自己卷入了一场文艺复兴时期这个主题的无休止争论中，而向他的朋友求助。伽利略答到，绘画一定是更优秀的艺术，因为它模仿的是可见却无法直接触摸之物：

> 雕像的形象突出，不是因为有宽度、长度和深度，而是因为有些地方亮有些地方暗。为证明这有一点要注意，三维中只有两维实际显现眼中：长度和宽度（外表面……也就是说，外围或圆周）。因为，物体所呈现的与我们所见的，只有它们的外表面；其深度难以为眼睛所感知，因为我们的视力无法穿透不透明体。因而眼睛只能看见长度和宽度，却永远见不到厚度。由此，由于厚度从不会显露于视线中，所以一座雕像只能感知其长度和宽度。我们了解深度，并不是视觉经验本身［*per se*］，而绝对仅是因为巧合，并与光影有关。而所有这些也都同雕塑一样出现在绘画中……但雕塑从自然本身获得光影，而绘画是从艺术中获得。[4]

伽利略显然并不关注他的家乡一些艺术家所实践的手法主义风格的抽象奇想，而偏好美术学院所倡导的更基于古典体量的、无色的明暗法绘画。[5]奇

---

1 据巴尔兹曼（1988年1月12日的私人通信）所述，伽利略致函圭多巴尔多［Guidobaldo］的兄弟、枢机主教弗朗切斯卡·马利亚·德尔蒙特［Francesco Maria dal Monte］，请求帮助获得学院职位。而显然这一努力并无结果。伽利略随后受邀并接受了比萨大学的数学教授席位。见普雷齐内［Prezziner］；罗斯（1）。

2 关于伽利略与奇戈利的友情，见查普尔［Chappell］；肯普（6），第93—98页。

3 潘诺夫斯基（8）。

4 伽利略答奇戈利，1612年6月26日，见伽利略（3），11:340—343，潘诺夫斯基（8）译，第32—37页。

5 潘诺夫斯基（8）；哈斯克尔，第102—103页。亦见谢伊的启发性评论，他不仅评论潘诺夫斯基关于伽利略作为“艺术批评家”的论文，还评论了伽利略保守的古典趣味（尤其是他对圆形的审美偏好），他对开普勒的椭圆行星运动理论的漠视。

戈利本人称赞伽利略几何学上的才能，甚而承认在透视绘图上伽利略是他的“老师”[1]。伽利略日益增长的绘图能力，最终让他在1613年入选那所享有盛誉的美术学院。

还得补充一点，迄至16世纪，对于线性透视尤其是明暗法的研究，不只吸引了艺术家，更吸引了专业学者，特别是在意大利和德国，他们除此而外对视觉艺术并无兴趣。高度技术性的透视书籍为这些读者出版。[2] 在意大利，像费代里科·科曼蒂诺及其学生圭多巴尔多·德尔蒙特［Guidobaldo del Monte］这样声名显赫的数学家也出版了这一主题的书籍。如我们在第五章中提到的，科曼蒂诺是第一位讨论线性透视并将其新法则介绍给理论数学家的专业几何学者。

圭多巴尔多·德尔蒙特成为了伽利略最强有力的支持者之一，1589年帮助这位年轻的科学家在比萨大学找到第一份教学工作及1592年在帕多瓦大学的第二份工作。[3] 圭多巴尔多的《透视六书》［*Perspectivae libri sex*］，于1600年在佩扎罗［Pesaro］出版，书中包含一整节的投影知识，伽利略肯定研究过。图7-1和图7-2显示的圭多巴尔多的两幅木刻插图，表明斜射光线下不同立方体是如何投影到平面上的。

作为一个透视主义者，伽利略很可能熟悉“马佐基奥”问题。我们已见过那种复杂头饰的几何结构（图5-6）是如何吸引了保罗·乌切洛和皮耶罗·德拉·弗朗切斯卡这样的15世纪佛罗伦萨画家的。典型的是，这一古老的投影难题重现于16世纪的印刷著作中。如它出现在一本明显受惠于皮耶罗·德拉·弗朗切斯卡的插图论著中，伽利略也可能很熟悉：丹尼尔·巴尔巴罗［Daniel Barbaro］的《透视的实践》［*Pratica della perspettiva*］，16世

1　查普尔，第91页，注4。

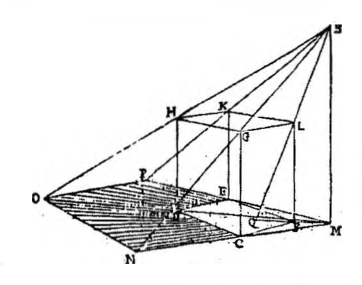
2　瓦涅蒂；费尔特曼（2）；菲尔德（2）；菲尔德/盖里［Gray］，第二章节。关于丢勒的透视论著对开普勒影响的一个有趣的案例研究，见斯特雷克。

3　韦斯特福尔，第12页。

LIBER QVINTVS. 149

Quomodo autem ex his in sectione inueniatur apparens figura, ex ijs, quæ antea dicta sunt, facilè constat.

Nam tanquam in subiecto plano puncta ostendentur CDEFPON; aliaque puncta ibidi repræsentabuntur supra CDEF secundùm suas altitudines CG DH. &c. lumen verò ostendetur puncto supra M altitudine MB. hacque ratione omnia ex ichnographia inuenientur.



Verùm vmbra hoc quoque modo inuenietur, nempe postquam in sectione (vt dictum est) inuentum fuerit solidum CK, & lumen, vt B. inueniatur etiam in sectione punctum M tanquam in subiecto plano, quod ostendat punctum vbi à lumine cadit in subiectum planum perpendicularis. Deinde ducantur lineæ MCN BGN, MDO BHO, & MEP BKP, erit vtique solidum repræsentatum cum vmbra. vt ex ijs quæ dicta sunt perspicuum est.

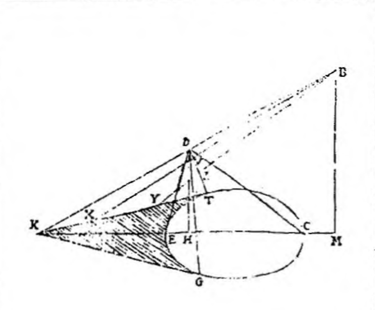
Vmbram absque ichnographia inuenire.

Quoniam autem huiusmodi solida absque ichnographia inueniri possunt, vt in decimanona tertij libri huius propositione ostensum est; vt

Ii etiam

图7-1 圭多巴尔多·德尔蒙特《透视六书》中的一页，1600年

LIBER QVINTVS. 263



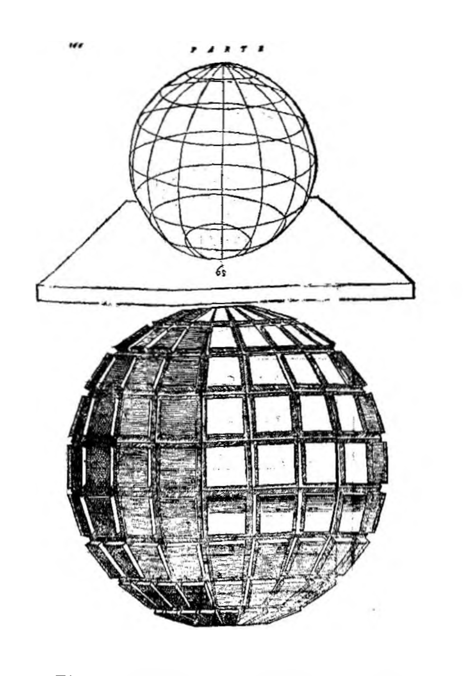
Sit lumen B, cuius supra subiectum planum altitudo sit BM. sit conus CDE, cuius basis CEG sit in subiecto plano. oportet coni vmbram inuenire. Ducatur à vertice coni in subiectum planum perpendicularis DH, ducanturque MHK BDK, erit ex ijs, quæ sæpè dicta sunt, punctum K terminus vmbræ verticis D. Ducantur plures radij luminis, vt BVX BZY, qui conicam superficiem ad eandem partem contingant in VZ. perspicuum est ex trigesimasecunda propositione primi libri Sereni DVZ rectam lineam esse, quæ quidem producatur vsque ad basim in T. & vt in præcedenti diximus, similiter ostendemus lineas BDK BVX BZY in vno plano existere, lineamque KXYT rectam esse, circulumque CEG contingere in T. eodemque modo ostendetur KG rectam esse lineam, circulumque CEG in G contingere. est igitur GETKG vmbra dati coni.

P R A X I S.

Sit M punctum, vbi cadit perpendicularis à lumine in subiectum planum. cuius altitudo sit MB; sitque in subiecto plano coni basis CEG. Inueniatur punctum H, vbi scilicet à vertice coni in subiectum planum perpen-

Post 29. quarti huius.

图7-2 圭多巴尔多·德尔蒙特《透视六书》中的一页，1600年



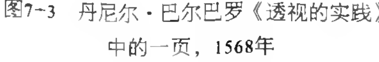


图7-3　丹尼尔·巴尔巴罗《透视的实践》中的一页，1568年

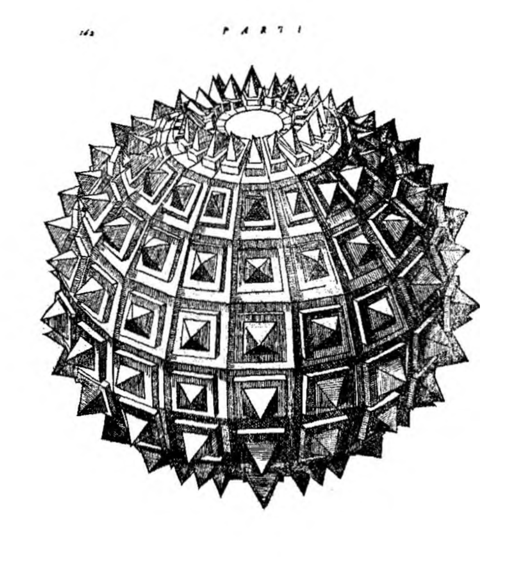


图7-4　丹尼尔·巴尔巴罗《透视的实践》中的一页，1568年

纪60年代在威尼斯有数个版本发行，并常为佛罗伦萨学院成员所查阅。[1] 针对这种普遍的应用，巴尔巴罗继而提供了众多复杂的变体，甚至展示了如何用凸起形来绘制整个球体，以及这些凸起形又是如何受光和投影的（图7-3和图7-4）。

要是伽利略并不知悉巴尔巴罗的书籍，那他极有可能研究过一部类似的著作，《透视的实践》[*La pratica di prospettiva*]，由洛伦佐·西里加蒂 [Lorenzo Sirigatti] 出版于1596年。[2] 西里加蒂是学院的创始成员，斐迪南·德·梅迪奇大公 [Grand Duke Ferdinand de'Medici] 宫廷的骑士

1　考夫曼 [Thomas da Costa Kaufmann]；费尔特曼（2）列出三个版本，分别出版于1567、1568和1569年；亦见瓦涅蒂，第334—335页。有关巴尔巴罗受益于皮耶罗·德拉·弗朗切斯卡，见菲尔德（1）。

2　西里加蒂；亦见《佛罗伦萨与托斯卡纳的梅迪奇家族》，第145页；及瓦涅蒂，第344页（他错误地认为此书是献给波兰及瑞典王子拉迪斯劳·西吉斯蒙多 [Ladislao Sigismondo] 的）。西里加蒂也影响了小瓦萨里，他将未出版的透视学论著献给前者。

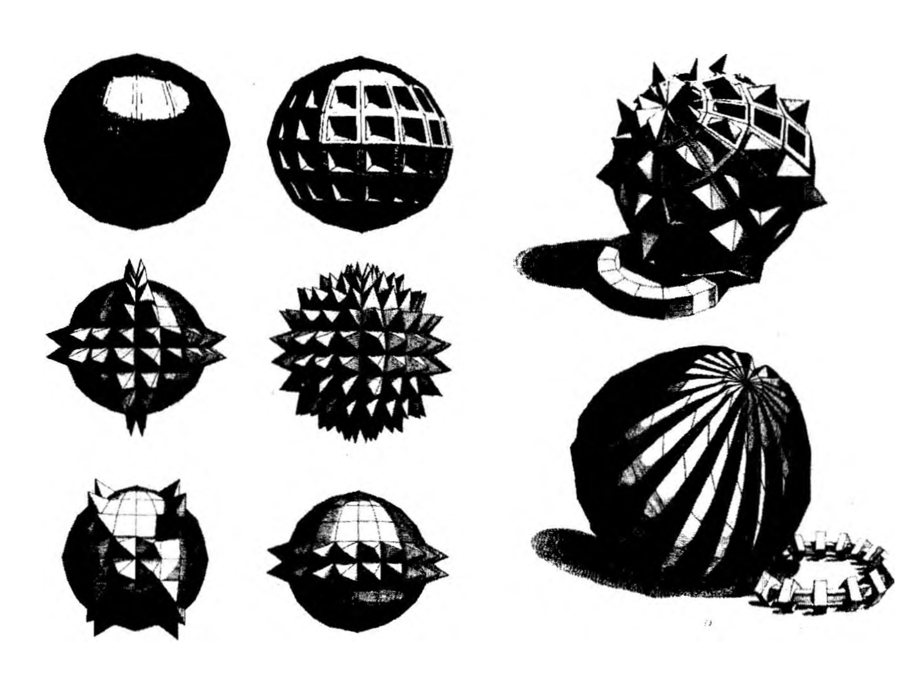


图7-5 洛伦佐·西里加蒂《透视的实践》中的一页，1596年

图7-6 洛伦佐·西里加蒂《透视的实践》中的一页，1596年

[cavaliere]。[1] 这部装帧精美的论著分两部分，第一部分讲述多面体的投影，而第二部分由图示明暗法问题的24个图版组成，其中包括“马佐基奥”、模仿帕乔利的正多面体，以及几幅引人注目的版画，显示凸起与凹进形的阴影球体（图7-5和图7-6）。伽利略也许还见过纽伦堡珠宝商文策尔·雅姆尼策［Wenzel Jamnitzer］1569年的《正多面体透视》［*Perspectiva corporum regularium*］（图7-7）。[2] 总之，几何学爱好者以及居住于西欧竞争最激烈的艺术中心的伽利略，怎会错过这些如此挑战心灵之眼的明暗球体练习？

让我们暂时将目光从佛罗伦萨挪开，看向1609年夏的詹姆士一世时代伦敦，在那里我们发现伽利略的同时代科学家托马斯·哈里奥特［Thomas Harriot］（1506—1621），将他的目光从为弗吉尼亚殖民地（1585至1586年间

1 巴尔兹曼，第287—293页。

2 瓦涅蒂，第335—337页。

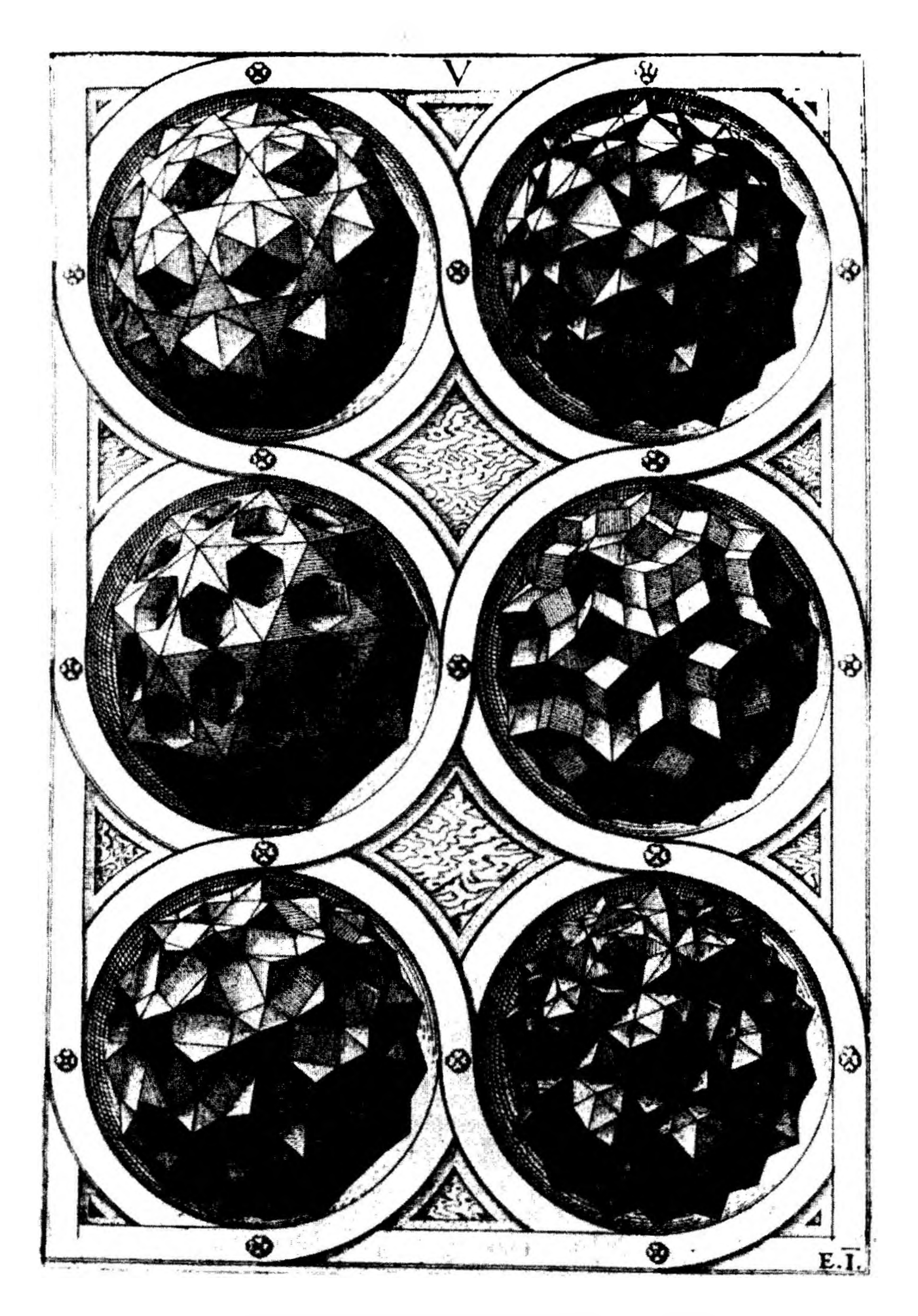


图7–7　文策尔·雅姆尼策《正多面体透视》中的一页，1569年

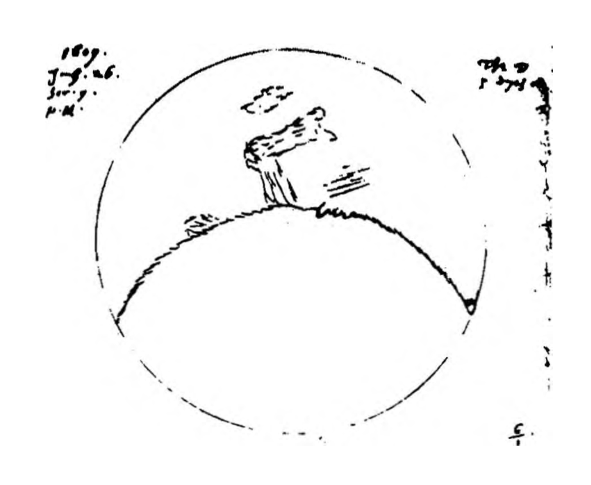


图7-8　托马斯·哈里奥特，上弦月草图，1609年，佩特沃斯手稿，Leconsfield HMC 241/ix，fol. 26

他与沃尔特·雷利爵士［Sir Walter Raleigh］一起在那里）制图转向月球研究上；事实上，他设法从佛兰德斯发明家那里获得6倍放大倍率望远镜，并通过它观察月球。哈里奥特是这方面的第一人，要比伽利略早近6个月，奇怪的是多数现代天文学教科书都未提及此事。[1] 哈里奥特甚至通过他的"透视管"［perspective tube］（英文这样称呼这件新装置）绘制了一幅留存至今的月球图（图7-8）。[2] 遗憾的是，他除了记下儒略历日期与观测时间外未加任何解释："1609年，7月26日，下午9时……☽（上弦月）第5天。"总之（这就是为何他很少被记录在现代天文学书籍中的原因），哈里奥特的粗略草图未揭示任何新事物。

此时的欧洲仍没有理由怀疑亚里士多德关于月球是个完美球体的描述，具有宇宙中所有行星和恒星的典型形式。基督教教义又将月亮象征着马利亚的圣灵感孕说添加到这幅快乐图景上。"纯洁如月"成为描述马利亚的普遍用

1　见雪莉［Shirley］（1）。我特别受益于贝尔特·汉松［Bert Hanson］和托马斯·泽特勒［Thomas B. Settle］关于哈里奥特与伽利略的月球观测的关系的见解。

2　尼科尔森［Nicolson］（2），第1—30页。

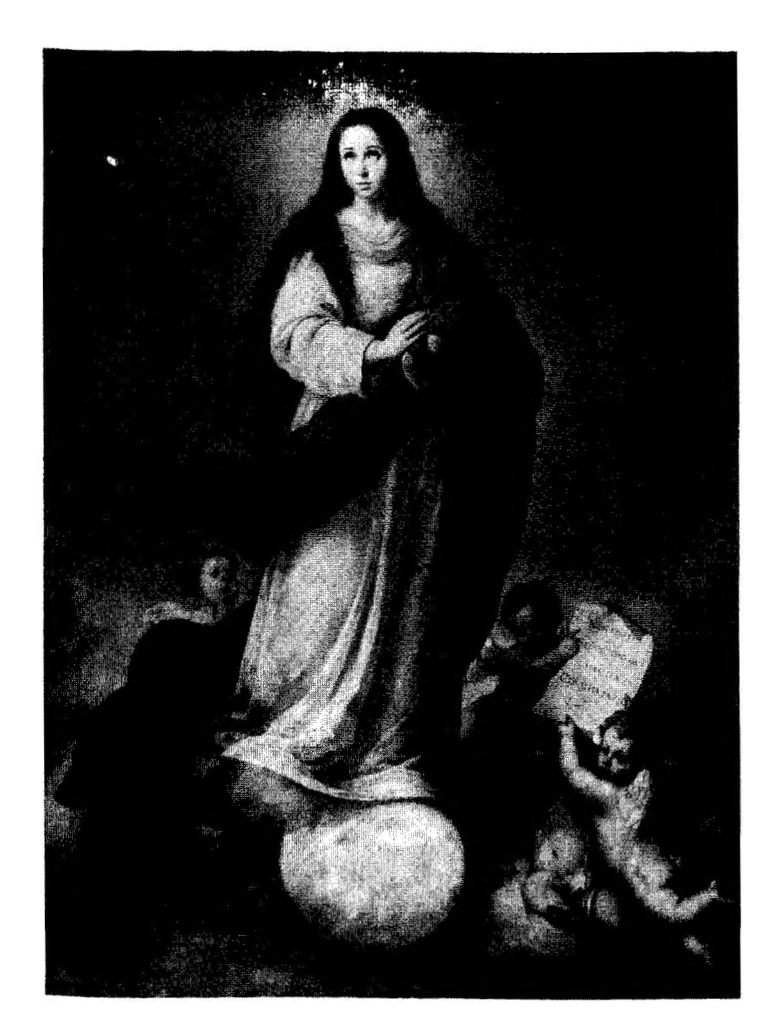


图7-9　巴托洛梅·埃斯特班·牟利罗，《受胎告知》，约1660年

词，暗示整个宇宙一如她自身般不受腐蚀，上帝不会用别的形状来创造月球或其他天体。文艺复兴时期的艺术家，尤其是那些服务于热忱的天主教赞助人的艺术家，总是将马利亚描绘成站立于月球上，迟至17世纪中叶的西班牙画家巴托洛梅·埃斯特班·牟利罗［Bartolomé Esteban Murillo］（1617—1682）依然这样（图7-9）。我们在这里看到的是牟利罗众多该主题画作中的一幅，马利亚站在一个透明雪花石膏般的球体上，有着高度打磨的、绝对光润的

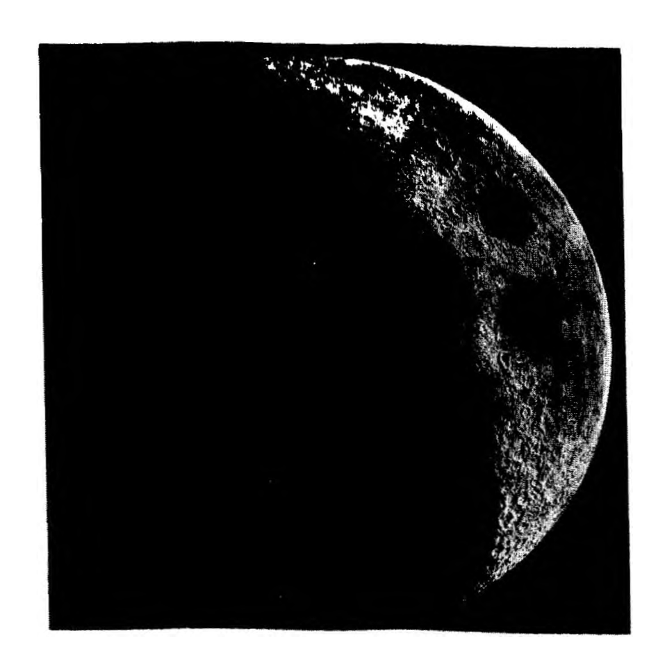


图7-10　月亮周期第四天

表面。

在托马斯·哈里奥特的英国，反亚里士多德说的弗朗西斯·培根推断月球并非固体，而是由某种不明的“蒸气”构成。哈里奥特本人关于月球构成的观点没有被记载。但他以短而参差的笔触绘制了明暗界线（即月球亮部与暗部间的分界线），看起来像是落在粗糙的表面上。在球体的上半部哈里奥特画出了我们现在所知道的巨大月“海”轮廓，静海［Maria Tranquilitatis］、危海［Crisium］和澄海［Serenitatis］，这些对他而言更像是表面标识而非内部的蒸气污点。不过他未能意识到这些观察结果的重要性。望远镜只是或多或少证实了古人所说他会看到的东西。“奇怪的月球斑点”，哈里奥特这样称呼这种现象，于他而言依然神秘。

为什么这位英国人错过了几个月后伽利略所精确观察到的东西？仅仅是因为他的望远镜倍率不如伽利略的吗？并非如此，因为当时的任何望远镜都不可能看得像图7-10那样轮廓清晰，这是一张现代利克天文台［Lick

235 Observatory］拍摄的照片，为每一位天文学大学生所熟悉。[1] 退一步说，伽利略和哈里奥特的望远镜都是架在摇晃的自制支架上，必定难以聚焦。此外，根据范蘇惇［Albert Van Helden］的计算，这种原始设备的视野很狭窄，一次只能观察到约四分之一的月球。[2] 总之，不论是那位英国还是那位托斯卡纳科学家，都无法如此清晰地看到月球，让真实的月面地形即刻显现出来。[3] 而且，如范蘇惇还指出，到1609年末，在欧洲的数个中心生产了相当多这种望远镜。难道就没有其他人也想过将这种仪器瞄准天际吗？[4] 读者在思考图7-10的时候可能会这样想。要是人们事先并不了解月球的外部地形，那些灰色的斑点还会即刻被看成山脊的阴影吗？尤其是如果观察者像所有1610年之前的人一样，确信这些斑点与月亮半透明的内部构造有关呢？[5]

237 在考察伽利略独一无二的反应之前，让我们暂停一下来体会一位英国人（与那时的意大利人不同）摆脱当时的范式有多难。1609年的不列颠就视觉艺术而言仍在中世纪，正如图7-11所示的，一幅典型的上流社会“肖像”（赫特福德［Hertford］伯爵夫人弗朗西丝·霍华德［Frances Howard］的肖像），由流亡英国的佛兰德斯时尚画家小马库斯·吉尔哈特［Marcus Gheeraerts the Younger］所作。这件作品平淡过时的风格无疑是伊丽莎白女王确立的，她希望自己的肖像以类似马利亚圣像的方式绘制。出于爱国的原因，英国人刻意地抵制透视法与明暗法这类“天主教”［Romish］的侵入。[6]

且不论政治动机，事实是对几何透视的认真研究或类似瓦萨里的美术学院在英国根本不存在。在英国，透视训练的需求微不足道，直到1635年才有关于这一主题的本土书籍出版，当时约翰·威尔斯［John Wells］编了一本题

---

1 帕萨乔夫，第118—119页。

2 范蘇惇（1），第44页。

3 莱奥纳尔多·达·芬奇（他没有望远镜）提出了他本人关于月球暗斑和奇特反光的一些意见；见雷亚韦斯［Reaves］/佩德雷蒂地图册手稿［Codex Atlanticus］中有关他的三幅月球图，310r和674v，以及肯普（5），第122—125页，哈默手稿［Codex Hammer］中他的两幅相关的草图，1A和2A。

4 范蘇惇（2），第14—15页；（3），第25—26页。

5 关于伽利略之前欧洲人普遍持有的月球理论与反驳这种观念的难度，见阿里［Ariew］。

6 关于英国绘画的这种状态与莎士比亚在文学隐喻中使用更“现代”意象的关系，见弗赖伊［Frye］。

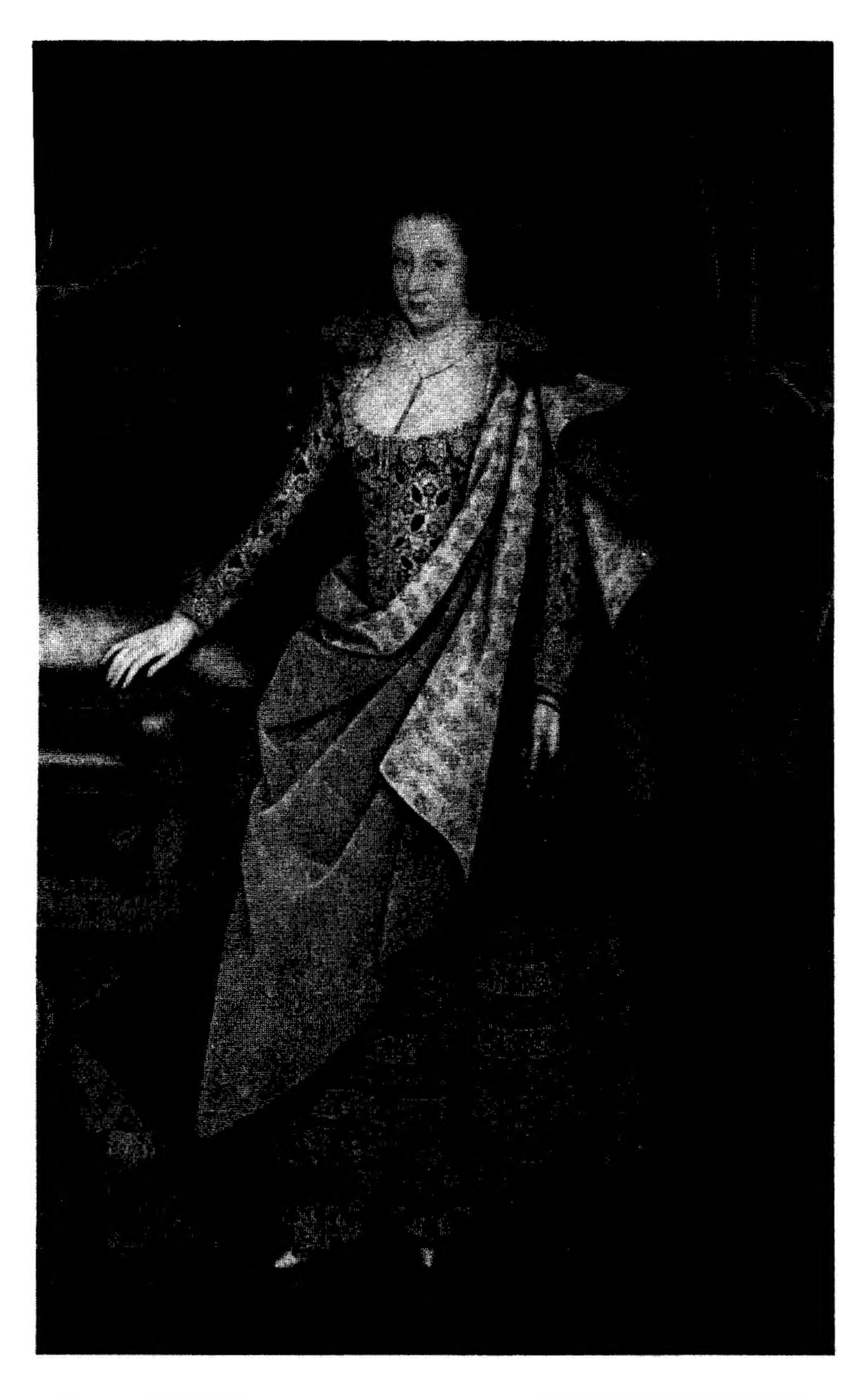


图7-11　小马库斯·吉尔哈特，《弗朗西丝·霍华德，赫特福德的伯爵夫人》，1611年

为《阴影艺术》[*Sciographia*] 的粗糙手册，当然，对于哈里奥特来说太晚了而没有多大用处。[1]

239 与此同时回到帕多瓦，伽利略生活和教学的地方，这位托斯卡纳科学家对哈里奥特的月球观测毫不知情。事实上，他仅是在1609年5月才得知佛兰德斯人新近发明了望远镜。他立刻派人前往索取用法说明。即使谈不上敏锐，但以其非凡的独创性，他将自己丰富的透视经验应用于光学问题，并在那一年里制作了许多仪器，将望远镜放大倍率提高至20倍，甚而加上了孔径光阑。[2]

正如理查德·韦斯特福尔 [Richard Westfall] 所揭示的，伽利略着迷于望远镜是受到世俗野心的驱使。[3] 我们没有理由认为这位佛罗伦萨科学家一直等到他最大倍率仪器的完工，才将它对准月球。无论如何，由于他早已熟悉投影的几何学原理，伽利略完全可以从他透过早期望远镜所看到的影像，推断出月球表面的性质。即便月球只是稍微被放大，它看起来确实像一张黑白的明暗素描。伽利略一定想到赢得一份终身闲职的可能性并受到它的进一步激励，加紧改良望远镜以公开地证实这项惊人的发现。

埃文·惠特克 [Ewen Whitaker] 的研究表明，伽利略的月相日期记录了1609年11月和12月。[4] 由于他在这两个月间的观察结果只有在月亮出现部分阴影的时候才能被确认，因此他观测的夜晚只有24个左右，不是每个夜晚都

---

1 1635年刊印于伦敦；见费尔特曼（2），第145页。最早关于线性透视的论著实际上是一位英国人约瑟夫·莫克森 [Joseph Moxon] 所撰的不起眼的《实用透视法或简易透视法》[*Practical Perspective, or Perspective Made Easy*]（伦敦，1670年）。正如莫克森指出的，先前关于这个主题唯一的方言讨论，收录在塞巴斯蒂亚诺·塞利奥1611年版建筑论著第2卷中。在1606年荷兰版原意大利语的译文中，莫克森评论道："文字是翻译来的，但这门科学不是。"关于莫克森的著作，见瓦涅蒂，第412页。

2 范骵惇（3），第5页；及（2），第14—15页；韦斯特福尔，第16—17页。

3 韦斯特福尔描绘了一位远离故土、无任期保障而又不友好的他邦大学（帕多瓦大学）的助教（伽利略），为从家乡的科学基金会（佛罗伦萨的梅迪奇家族）获取研究补助金不得已而为的痛苦画面。关于伽利略努力获得认可的类似讨论，亦见比亚焦利 [Biagioli]。

4 惠特克。关于伽利略月球观测的日期和次数的其他观点，见里吉尼 [Righini]；金格里奇 [Gingerich]；德雷克（2）。而伽利略直到1610年1月才开始观察木星，也因此才观察到它的四颗卫星（他慎重地称之为"梅迪奇星"）。关于伽利略在这个发现上也运用了他的透视知识的有趣论点，见帕克 [G. Parker]。

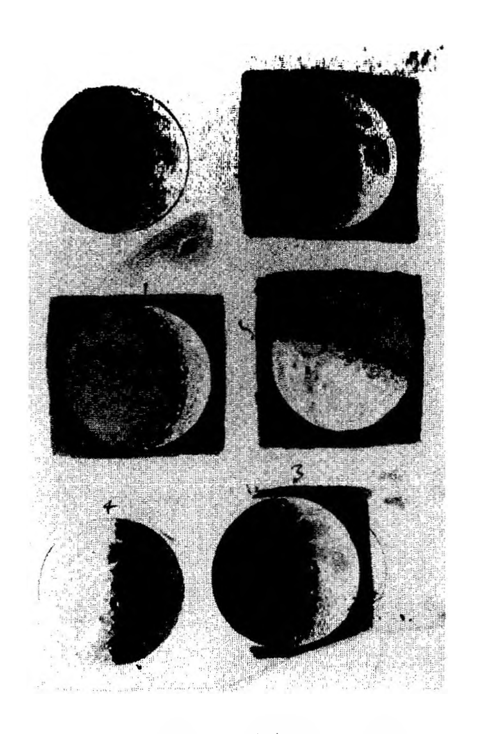


图7-12　伽利略，月球水墨图，1609年，
Ms. Gal. 48，fol. 28r

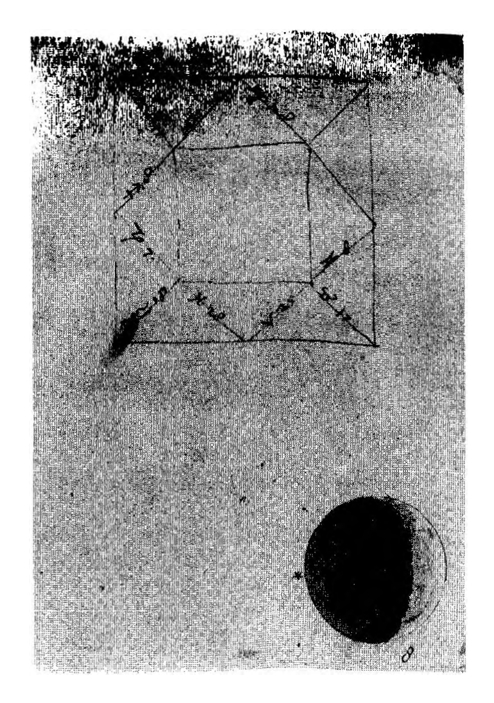


图7-13　伽利略，月球水墨图，1609年，
Ms. Gal. 48，fol. 28v

无云层遮掩而得便。[1]

也许伽利略在圣乔治大教堂［San Giorgio Maggiore］钟楼上开始观察月球之时，就绘制过一些插图。这些草图没有留存下来，但我们有七幅精致的深褐色习作，显然是之后完成的，但很可能是根据第一手特定草图绘制的。这些小幅水墨画，四幅上弦月，三幅下弦月（图7-12和图7-13），明显是由某位精于水墨画实践，尤其是表现明暗效果者完成的。它们由一位经验丰富的画家所作，而我们没有理由相信他不是伽利略本人。这位天文学家无疑为其书籍《星际信使》［*Sidereus nuncius*］制作插图的雕刻师准备了这些水墨样稿，他要赶着在1610年3月出版这本书，这仅仅是在他开始用望远镜观看天际的5个月后。



1　关于伽利略那些发现的次序与宣布的时机，见韦斯特福尔，第18—19页。

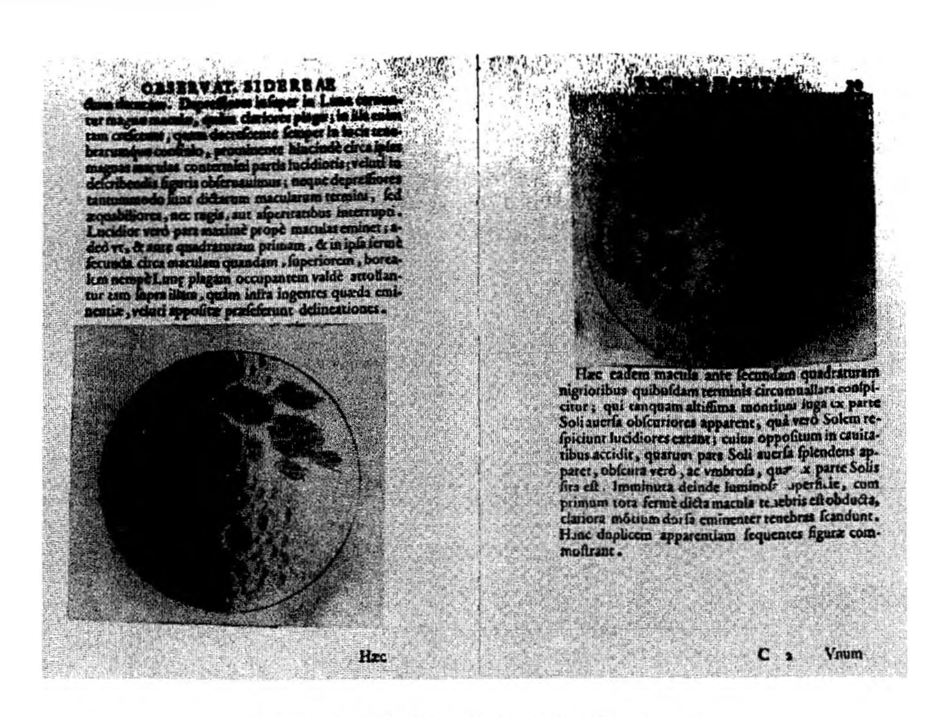

OBSERVAT. SIDEREAE
dum dixerim. Depressiones insuper in Luna cernuntur magnae maculae, quam clariores plagae; in illa enim tam crescente, quam decrescente semper in lucis tenebrarumque confinio, prominente hincinde circa ipsas magnas maculas contermini partis lucidioris; veluti in describendis figuris observauimus; neque depressiores tantummodo sunt dictarum macularum termini, sed aequabiliores, nec rugis, aut asperitatibus interrupti. Lucidior verò pars maximè propè maculas eminet; adeò vt, & ante quadraturam primam, & in ipsa fermè secunda circa maculam quandam, superiorem, borealem nempè Lunae plagam occupantem valdè attollantur tam supra illam, quam infra ingentes quaedam eminentiae, veluti appositae praeseferunt delineationes.
Haec
Haec eadem macula ante secundam quadraturam nigrioribus quibusdam terminis circumuallata conspicitur; qui tanquam altissima montium iuga ex parte Soli auersa obscuriores apparent, quà verò Solem respiciunt lucidiores extant; cuius oppositum in cauitatibus accidit, quarum pars Soli auersa splendens apparet, obscura verò, ac vmbrosa, quae ex parte Solis sita est. Imminuta deinde luminosa superficie, cum primum tota fermè dicta macula tenebris est obducta, clariora montium dorsa eminenter tenebras scandunt. Hanc duplicem apparentiam sequentes figurae commonstrant.
C 2 Vnum

图7－14　伽利略《星际信使》中的一页，1610年

只有五幅月相版画印制在《星际信使》中，没有一幅是完全复制了那些水墨画稿。[1] 图7－14显示出其中两幅在伽利略书中的样子。图7－15是另一幅摄于利克天文台的照片，它与伽利略《星际信使》中左边插图一样显示上弦月的面貌。伽利略所附对版画插图的客观描述，不仅有违他的兴奋之情，还证实他们对那个不曾怀疑的世界的惊人印象是错误的："我被引向了这样的观点和信念，即月球的表面不是光滑的、一致的，像许多哲学家相信的那样（与其他天体一样）是精确的球体，而是不平坦的、粗糙的，因一连串的高山

1　关于伽利略如何得出其结论的最新分析，见希恩［Sheehan］，第9—27页。希恩草率地认为《星际信使》插图"画法粗糙"而不予考虑，没有意识到它们是二手的，由一位佚名工匠根据伽利略的草图雕刻而成。迄今为止，在所有考察过这一主题的科学史家中，只有金格里奇以艺术专家般的眼光观看了伽利略的插图，看到最初的水彩草图与后来版画间的明显差异。在伽利略第一次通过望远镜观察的兴奋时刻，不太可能画出如此细致的钢笔淡彩习作，任何曾站在寒冷透风的圣马利亚塔（伽利略的露天"天文台"）上的人都会印刻体会到这一点。像所有17世纪户外场景画家一样，伽利略返回工作室，依靠记忆中的印象、文字标注与快笔略图而完成图画。毕竟室外写生［Plein air］直到19世纪才兴起。

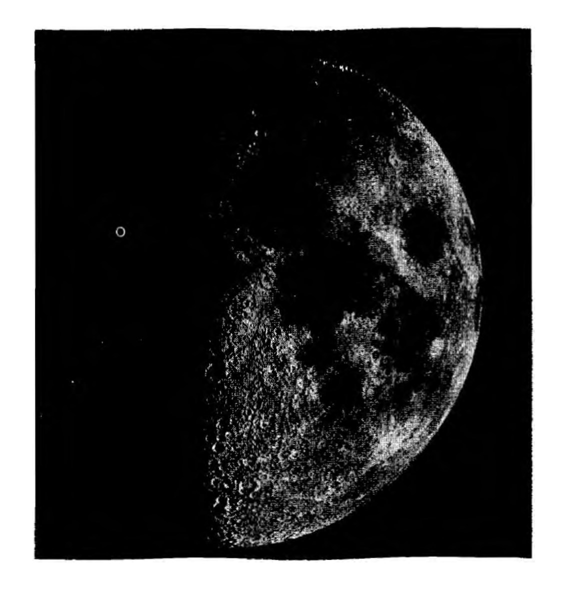


图7-15　上弦月

峡谷而到处凹凸不平，与地球表面没什么两样。”[1]

看来伽利略提供给雕刻师的水墨图只是作为示意图，并明显地要求他强调月球表面更突出的特征。他甚至允许雕刻家做一定的艺术加工，夸大我们在图7-15中看到的沿着明暗分界线中心点下方的那个特别暗的深坑大小。这是阿尔巴塔尼环形山［Albategnius］，伽利略想将其陡峭的边沿与围绕波西米亚［Bohemia］区域高山的陡沿进行比较。[2] 因此伽利略让画家将其画大，以渲染月球上满是这些崎岖的凹地。我们还应想到，雕刻师本人很可能并未透过望远镜观察，而仅以伽利略的草图以及他无疑兴奋不已的口头描述为依据。

243

244

与出版的版画相比，伽利略当初的水墨草图显示了更属涂绘的月球表面。多数现代的史学家只讨论过这些版画，以其金属的、线性的技法而让伽利略的月球看起来像现代宇航员所发现的荒凉而无生气的天体。他的水墨图表明，他还有点以古老中世纪的水性特征来看待月球。以一个老练水彩画家的娴熟

1　伽利略（1），第7v页；德雷克（1），第31页。亦见范赫悖（4），第40页。

2　伽利略（1），第11r页；德雷克（1），第36页。亦见范赫悖（4），第47页。

笔触，他涂抹了六层薄涂层，赋予图像迷人的柔和冷光特质。值得注意的是，伽利略精通巴洛克画家对比发光面的法则，以及调整明暗以增加彼此强度的能力。图7-12深褐色草图的左上角，我们看到他画下的小块明暗薄涂层围绕着一片白色区域，这也许是帮助雕刻师了解圆月光照下的月坑形状。堪比蒂耶波洛［Tiepolo］的节俭笔墨，伽利略仅用一抹黑色表现了凹陷的月坑，又以白纸上一抹银色的留白来表现坑口发亮的边缘。

声称这些简单而高度专业的画作对于美术史与科学史同等重要难道不荒谬吗？尽管没有现存的伽利略画作作比，我们确有许多同时代人关于他是位出色绘图师的口头证言。本着真正的佛罗伦萨学院精神，伽利略从事绘画似乎不是为了自我表现，而是为了科学训练他的眼睛和手。而在这些明暗水彩上他已预示了美术史独立的风景画。他以近乎印象派的技法描绘转瞬即逝的光线效果，让我们想起康斯太勃尔［Constable］和特纳［Turner］，甚至可能莫奈［Monet］。当他第一次凝视瞬时的月球表面时，我们只需阅读《星际信使》就能体会他的惊奇与理性认识：

> 让我们注意……上述小点在它们的变黑部分正对着太阳时总是一致的，而在背向太阳时，它们的顶上便显出明亮的轮廓，就像闪耀的山峰。类似景象可见于地球上的日出时分，当我们注视尚未洒满阳光的山谷时，环绕它们的群山已然在太阳的背面闪耀着绚丽的光辉。就好比随着太阳的升起，地球上山谷中的阴影会逐渐缩小，同理月球上的这些黑点会随着受光区域的逐渐扩大而变浅。此外，不仅月球上光与影的界限看起来参差不齐、波动起伏，更令人惊奇的是，许多亮点出现在月球的暗部范围内，完全与亮部相分离且有相当的距离。一段时间后它们会变大变亮，一两个小时后会与已逐渐变大的亮部的其余部分会合。同时，越来越多的山峰露出头角，好似一会儿在这儿，一会儿在那儿长出，在暗影部分发出光亮；它们逐渐扩大，最后也与那同样明亮的表面相结合……而在地球上，在日出之前，难道不是平原还在暗影之中而山峰已被阳光照亮

了吗？难道不是随着光线的扩展那些山脉更大的中心区域被照亮了吗？而当太阳最终升起时，难道那些平原和山丘的亮色最后不是融为一体吗？[1]

是否有过巴洛克画家更好地表达了风景艺术的新精神？是否有艺术家之眼更有准备地认识到透视光学与明暗法的普遍几何原理，甚至对月球也起作用？此外，在描绘了这般惊叹如画的月球地形后，伽利略迅速地回复到科学家的自我并得出另两项与透视相关的惊人发现。第一项发现是，他注意到在暗部范围内一些月球山峰被光线照亮，即便它们离明暗交界线还有很长的距离。与此同时，他将这一现象转化为几何图解，以解决他可能想起的圭多巴尔多·德尔蒙特的投影问题。

图7-16是伽利略为《星际信使》准备的另一页手稿，画了一个圆形代表月球，它被明暗分界线分割开来，他在分界线上标了cef。太阳的投影光线他以切线dcg表示。以其特有的才智，鉴于他的原始望远镜没有十字瞄准器，他能够估算出从被照亮的月亮山峰到明暗交界线的真实距离（图中线段dc）约为月球直径的二十分之一。这一距离，大致相当于图7-2圭多巴尔多·德尔蒙特锥体/阴影图解中的线段DK，为他用三角学测量山的高度提供了条件。因为已知月球直径是地球直径的七分之二，即约2 000英里，而伽利略图中的三角形ced，线段ce为1 000英里，cd为100英里，经由毕达哥拉斯定理计算出da，即山的高度，从底部中心达到4英里多的月球天空！通过运用一个文艺复兴透视法的学生熟知的定理，伽利略还为他的惊人发现补充另一事实，即月球的山峰比地球上的阿尔卑斯山更加雄伟壮观。

他的下一个观测与现今所称的“地球反照”有关，《星际信使》中这般描述：

---

1 伽利略（1），第8r—9r页；德雷克（1），第32—33页。亦见范赫佛（4），第40—49页。

图7-16　伽利略，手稿页，1609年，Ms. Gal. 48，fol. 16r

当月球离太阳不远时，刚好在新月前后，其球体为自身提供的视角不仅位于饰有闪亮角的一边，还能看见一道微弱的光线勾勒出背对着太阳的暗部圆周，将暗部与太空分开。现在如果我们更近地观察这个实体，我们就会看到不仅阴影的极远部分发出这莫名的光，而且整个月球表面（包括没有接收到太阳光芒的那一面）被不算弱的光线照得发白……然后发现月亮的这个区域，即使失去了太阳光线，仍发出相当多的光。如果夜晚的昏暗因太阳离去而加深，这种效果会加强，因为在越黑暗的地方特定的光就显得越亮……这道值得注意的光线没有让哲学家产生一丝困惑……有说这是月亮固有的自然光；有说光来自金星；另一些则认为是来自所有恒星的光；还有一些认为来自太阳，它的光可以穿透厚实的月球。但这些说法都遭到驳斥，且证明其错误毫不费力。因为如果这一光是月球自身的，或由恒星发出，则月球在月食期间仍能保留它……既然这次生的光并非月亮固有的，也非来自其他恒星或太阳，又因为整个宇宙剩下的除了地球再无其他星体了，那我们会得出什么结论？会有怎样的提议？我们无疑可以断定月球（或其他阳光照射不到的暗色天体）是被地球照亮。而关于这一点最值得注意的是什么？地球，在公平而怀有感激的交换中，将几乎所有最黑暗的夜晚从月球那里接收到的光线同样地返还给它。[1]

伽利略是如何得出这一发现的呢？是什么让他第一个提出这一问题？任何一位17世纪佛罗伦萨的艺术鉴定家都知道，描绘反射光的能力是文艺复兴时期绘画的一项杰出成就，我们所讨论的那些艺术家杰作中的这个事实至今仍受赞赏。成长于托斯卡纳，这位年轻科学家也许见过许多难忘的事例，如弗朗切斯科·迪·乔治［Francesco di Giorgio］的《耶稣的诞生》（图4–14），

1 伽利略（1），第14r—15v页；德雷克，第42—44页。



图7－17 莱奥纳尔多·达·芬奇画派，《女子与孩童图》，约1500年，
查特斯沃思庄园德文郡藏品

甚或如图7-17由莱奥纳尔多·达·芬奇的追随者所作的素描，从中我们可看到婴儿头部所描绘的光神奇地反射到母亲的脸颊上。此外，通过与奇戈利和佛罗伦萨美术学院的关系，伽利略很可能已得知莱昂·巴蒂斯塔·阿尔贝蒂的论著《论绘画》[*On Painting*] 中的相关说明，该论著自1568年起便有流行的意大利语版可用[1]：

> 阴影的形成是因为光线受到阻截。被阻截的光线要么反射到别处，要么返回自身。如光线被水面弹回云层上，它们被反射了；正如数学家证明的，光线反射总是以相同的角度进行……反射光线呈现出它们被反射的那个表面的颜色。我们看到漫步草地的人们脸上会现出淡淡的绿色便是。[2]

自15世纪起，任何想要成为艺术家的人都得学会描绘阿尔贝蒂所述的这种光学现象，当然仅与地球上的经验相关。而正如我们在图6-3中所见，拉斐尔在乌拉尼亚的天球下面添加了一抹反光。通过将相同的绘画逻辑运用于月球上，伽利略发现了困扰专业天文学家数个世纪的问题。[3] 并且，伽利略在当初所有的七幅月球图中（图7-12和图7-13），以相当的能力画出反射光。我们钦佩他对这种难弄的水彩渐变技法的掌握，他描绘的暗淡泡沫（来自地球的反射光），看起来像在暗面中发光，比明暗交界线位置还要亮，月球的暗部在那里与亮部形成对照，但永远不会比受光面亮。遗憾的是，伽利略雇用的雕刻师未能在最终刊于《星际信使》的插图上用雕刻刀复制出这种效果。

---

1 发表在《阿尔贝蒂的道德手册》[*Opuscoli Morali di L. B. Alberti*]，科西莫·巴尔托利 [Cosimo Bartoli]（威尼斯，1568年）编辑和翻译。巴尔托利的版本还包含了阿尔贝蒂的《数学游戏》[*Ludi matematici*]，托马斯·塞特尔（1）令人信服地论证了伽利略在他的朋友同时也是美术学院成员奥斯蒂利奥·里奇 [Ostilio Ricci] 的指导下读过这本书。

2 阿尔贝蒂（1），第46—47页。

3 关于伽利略意识到月球与地球非常相像且遵循着相同的物理和光学原理时，其知识发生转变的更多详情，见科恩（2）。

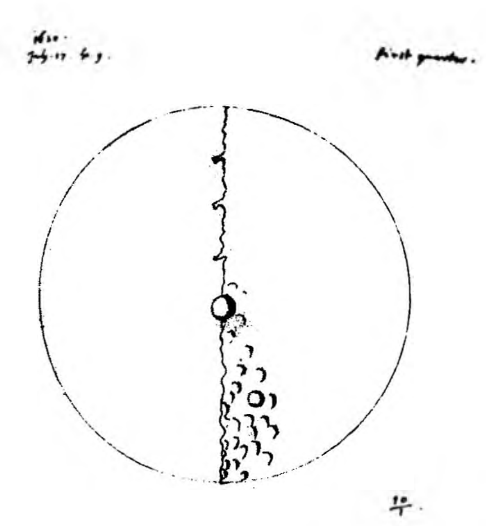


图7-18　托马斯·哈里奥特，上弦月图，佩特沃斯手稿，Leconsfield HMC 241/ix，fol. 20

《星际信使》中公布的望远镜对月球的观测结果，打开了文艺复兴时期欧洲人的眼睛，去了解他们原以为仅存于透视图中的天体现实。托马斯·哈里奥特所处时期的英国，视觉艺术仍沉湎于中世纪，伽利略为他们提供了意大利式观看方式的速成训练。突然之间，英国各地业余的与专业的哲学家都能想象出伽利略所描述的“山脉和幽暗的谷地”，无论他们自己的望远镜质量如何。美化的月球和“透视镜”成为德莱顿［Dryden］、邓恩［Donne］、巴特勒［Butler］、弥尔顿和许多其他英国诗人著述中的即时比喻。[1]

连哈里奥特，在他读完《星际信使》后，最终也看见了一年前困扰他的暗色月坑。1610年6月，《星际信使》出版后4个月，哈里奥特绘制了另一幅月球图（图7-18）。上面还是没有文字说明，但正如特里·布鲁姆［Terrie Bloom］指出的，这个英国人以圆和半圆笔触画出月坑的草图，甚至模仿《星际信使》雕刻师的草图而夸大了阿尔巴塔尼月坑。[2] 一个令人好奇的事实是（但愿是巧合），1611年，英国接受伽利略的惊人发现不到一年，首位具备相

1　关于对伽利略新发现的富有诗意的回应，见尼科尔森（1）和（2）。

2　布鲁姆［Bloom］。亦见赫瑟林顿［Hetherington］，第11—22页，关于伽利略与哈里奥特月球图的有趣比较。

应才能开受过意大利“赋图”传统训练的英国人伊尼戈·琼斯［Inigo Jones］被任命为威尔士王子的测量总监；塞巴斯蒂亚诺·塞利奥的建筑专著，得到最广泛阅读的新古典主义风格教科书（包括论述线性透视的专门章节），被译为英文。紧随着伽利略的天文发现消息后的两件事，标志着充分发展的意大利文艺复兴最终降临不列颠群岛。

一些顽固的人非常坚定地认为月球是“纯洁的”，以至不肯通过伽利略的望远镜观测。[1] 而罗马天主教会迅速吸纳了这一新发现。1612年伽利略的朋友奇戈利受委托绘制罗马圣马利亚大教堂［Santa Maria Maggiore］圣保罗礼拜堂［Pauline Chapel］的穹顶壁画，画家获允将圣母马利亚画成站在布满月坑的月球上（图7-19），无疑是受到伽利略当初草图的启发。[2]

时至今日，奇戈利的画作正式而谨慎地称作《圣母升天》［*the Assumption*］而非《无垢受胎》［*Immaculate Conception of the Virgin Mary*］。尽管如此，通过允许进入这一神圣场合，教会默认了伽利略将天堂描述得像地球一样并非完全错误。22年后，在试图证明伽利略是危险的异端分子时，他的诋毁者也

1　即便是在新教的英国，约翰·邓恩在听说伽利略的发现后，怀疑（以嘲弄的语气）这一切是耶稣会的阴谋（正如他1611年在强烈讽刺性小册子《依纳爵的秘密会议》［*Ignatius His Conclave*］中所写）：“我会致函罗马主教：他理当召见佛罗伦萨人伽利略，此际他已熟知月球上的所有山林城阙。眼下技艺正日臻完善，他将制成新式望远镜，并通过它获取教皇圣谕；他所画月球如舟浮水上，离地球之远近皆随心意。耶稣会将移师月球（因他们向来宣称那些探索发现乃分内事），举手可让月球教会与罗马教廷联为一体。而不用怀疑者，耶稣会至，地狱即至；阁下依纳爵·罗耀拉，将为主宰。”

2　关于这幅壁画，见马泰奥利［Matteoli］（2），第246—249页；查普尔［Chappell］；拜厄德［Byard］；肯普（6），第96页；以及潘诺夫斯基（8），其中错误地将壁画置于人民圣母教堂［Church of Santa Maria del Popolo］。奇戈利不仅在这幅画中记录了伽利略的月球观察，还帮助这位天文学家尽力理解太阳黑子的性质——它们是在太阳之内，还是像绕日卫星一样在太阳之外，或者就在太阳表面。奇戈利在将望远镜中的景象描绘到纸上时，仔细画出了太阳黑子的变化形式。伽利略随后注意到这些形式越接近太阳边缘，其短缩效果越明显。由此他们二人很快意识到太阳黑子确是表面斑点；见奇戈利1612年8月31日致伽利略的信函，刊于马泰奥利（1），第72—73页；肯普（6）著作中充分讨论了这个主题，第93—98页。

奇戈利还做出了关于神父克里斯托弗·克拉维斯的启发性评论，他是罗马学院的首席数学家。当克拉维斯起初嘲笑伽利略的月球发现时，奇戈利奋起为主人公辩护，不仅称这位耶稣会士为“平庸的数学家和有眼无珠之人”，而且更恰当地说“不谙画事”［senza disegnio］之人。见奇戈利1611年8月11日的书信，刊于伽利略（2），11:168。感谢范稣惇提供了这一信息。同时参见拜厄德关于另外两位17世纪画家亚当·埃尔斯海默［Adam Elsheimer］和安德烈亚·萨基［Andrea Sacchi］的有趣讨论，他们俩积极地回应了伽利略的月球发现。有关埃尔斯海默1609—1611年间的画作《逃亡埃及》（现藏于慕尼黑老绘画陈列馆［Alte Pinakothek］）中的这种影响，见卡维尼［Cavini］。



图7-19　奇戈利，《圣母升天》，1612年，罗马圣母马利亚大教堂保利内礼拜堂

不得不承认，由于佛罗伦萨“绘图术”的持续影响，伽利略通过望远镜所看到的景象以及这些景象所暗示的上帝宇宙的本质，与拉斐尔《圣典辩论》一样符合传统，也因此与他的17世纪同时代人詹洛伦佐·贝尼尼［Gianlorenzo Bernini］所塑造的完美无瑕的天主教奇迹一样真实可信。

第八章

几何学与远东地区的耶稣会士*

尽管中国人对绘画极为热情，但不如我们先进……他们不知道油画技法，也不知如何画投影，因此其画面苍白无生气。

——神父利玛窦［Father Matteo Ricci］，信札（1602）

图8-1复制了16世纪末著名的反宗教改革出版物《圣经故事图集》［*Evangelicae historiae imagines*］中的一幅版画《耶稣的诞生》［*Nativity*］，由安特卫普的马蒂努斯·纳提斯［Martinus Nutius］（他是克里斯托夫·普朗坦［Christophe Plantin］的继任者）于1593年为耶稣会印制。[1] 依纳爵·罗耀拉［Ignatius Loyola］本人在1556年去世前不久开始筹备这部巨著，当时他催促其亲密助手，西班牙神父希罗尼穆斯·纳达尔［Hieronymus Nadal］为新信徒提供沉思冥想的图解指南。

1570年后的某个时间，纳达尔着手工作，这一项目便成了他毕生的义务。安特卫普出版商克里斯托夫·普朗坦提供精力与资金保证，他们一起为此奉

* 谨向哈佛大学的黄进兴［Chin-shing Huang］，普林斯顿大学的C. K. Wang以及威廉姆斯学院的Hu Zheng，Xia Qiu，Raymond Chang和郭继生诸君帮助译解本章提及的汉语测验，致以诚挚谢意。

1 纳达尔；热内斯［Jennes］；布塞［Buser］。

IN NOCTE NATALIS DOMINI.

Natiuitas Christi. 3

A. *Bethlehem ciuitas David.*
B. *Forum vbi soluitur tributum.*
C. *Spelunca, vbi natus est Christus.*
D. *IESVS recens natus, ante Præsepe humi in fœno iacens; quem pannis Virgo Mater inuoluit.*
E. *Angeli adorant Puerum natum.*
F. *Ad Præsepe bos & asinus nouo lumine commoti.*
G. *Lux è Christo nato fugat tenebras noctis.*
H. *Turris Heder, idest gregis.*
I. *Pastores ad turrim cum gregibus.*
K. *Angelus apparet Pastoribus, & cum eo Militia cœlestis exercitus.*
L. *Angelus, qui pie creditur missus in Limbum ad Patres nuncius.*
M. *Stella & Angelus ad Magos missi, eos primum ad iter impellunt.*

图8-1　马顿·德·澳斯，《耶稣的诞生》，为罗尼穆斯·纳达尔的《圣经故事图集》所刻，1593年

献了十年光阴。不幸的是，两人均没能目睹它的完工。13年后，150幅版画最终得以结册出版，它们是由贝尔纳迪诺·帕塞里［Bernardino Passeri］、马顿·德·沃斯［Marten de Vos］、杰罗姆［Jerome］和安东·威廉克斯［Anton Wierix］等以晚期手法主义风格绘制的。一年后又增补了文本卷《注释与思考》［*Adnotationes et meditationes*］，但该著最为创新的方面仍是图画，其主题和版式由纳达尔本人拟定。

纳达尔的著作并非为响应特伦托会议而出版的最早插图本祷告手册。[1] 其独到之处在于它全然依靠图像来启发沉思冥想。早先的小册子只是把插图当作一种辅助物；寄望读者全神贯注于文字，而将图画视为辅助性的指南。纳达尔的图画功能刚好相反。它们不再是解释文本，而是负有将观者的心灵与情感导入“设定地点”的责任，正如圣依纳爵在《神操》［*Spiritual Exercises*］中力主其作为祈祷的必要前导一样。

在《圣经故事图集》图版3的《耶稣的诞生》上，我们即刻注意到纳达尔受到当时科学插图的启示。[2] 他受到新近出版的论著如阿格里科拉［Agricola］的《论冶金》［*De re metallica*］和拉美里［Ramelli］的《论各种工艺机械》［*Diverse et Artificiose Machine*］中图表的清晰性的深刻影响，决定采用第四、五章中讨论过的标准化规范。正如阿格里科拉的任意一幅水泵设计图可以帮助观者重构与原物等大的工作模型，纳达尔的图画也会以科学的客观性重述基督的生平。

为让观众理解耶稣诞生是如何“进行的”，纳达尔同16世纪称职的工程

1 有关16世纪末意大利出版人响应反宗教改革号召刊印插图宗教手册的讨论，见普罗斯佩里［Prosperi］。

2 新近费力地尝试以黑格尔形式主义术语解释纳达尔的《圣经故事图集》构图为“手法主义的”，因为印刷字母与说明文字的叙述性主题被分散开来且“时间错位”（与文艺复兴时期焦点透视图形成对照），见莫菲特［Moffitt］。实际上，纳达尔并非第一位在这类宗教图画上标上字母和说明文字的人。早先的著名范例（纳达尔也许知晓）便是拉丁文论著《基督教修辞学》［*Rhetorica Christiana*］，由方济各会修士迭戈·瓦拉代斯［Diego Valadés］1579年于佩鲁贾出版。作者是一位墨西哥出生的混血儿，写下这部著作并作插图，同纳达尔一样，打算作为传教团劝人改宗的手册。卷首插图描绘了一位方济各会传教士（标为A），手拿指示棒指向表现基督受难的一排图像（标为B），为一群穿着长袍的新入教者（可能是墨西哥印第安人，标为C）解释其含义。关于这部极为有趣的书籍，见拉马扎［La Maza］，第16—17页；普罗斯佩里，第50页。

师一样，让画家（马顿·德·澳斯）在图画上以印刷体字母标明（对应下方的文字说明）所画的连续时刻。中间偏右，字母A处是伯利恒［Bethlehem］，耶稣诞生的圣地。我们思忖其为遥远的城市风貌，注意到罗马税务官聚集在B处的广场上。在前景的C处，耶稣诞生事件本身吸引了我们的注意力，这里所描绘的是发生于一处开阔洞穴的场景，与圣女毕哲［St. Bridget］的幻象一致。[1] 在洞穴稻草铺覆的地面上躺着刚出生的耶稣（D处），为上方（E处）的天使所膜拜，而驴和牛静静地站立在后方F处。G则提醒我们去思考年幼的救世主所散发出的神秘光亮，这正如圣毕哲的隐喻性回忆："驱散夜晚的阴影。"

257 · 此外，正如16世纪工程师和建筑师经常在重要图表周围按比例描绘个别而又相关联的细节特征，特别是展示同一机械或建筑物不同的空间方面，纳达尔让画家强调了与耶稣诞生时间有关的重要事件。因此，他要求画家在右边以微型画画出在牧羊人前现身的天使故事（H、I和 K），而指引东方三博士的星星位于M处。赞助人与（或）画家富有独创性地以较轻的线条刻画后景细部，这样便产生了居间大气层的透视错觉。空间上的深度，文艺复兴艺术家当时已能够以错觉手法描绘，也有利于表明时间上的距离。在其他的圣经故事版画中，这一法则用来表明类型上相关而时间上分立的福音故事，如《圣母领报》之后的《基督受难》［*Crucifixion*］或作为《圣母往见》［*Visitation*］后部细节的《逃亡埃及》等。在《耶稣的诞生》底部右角的L处，我们注意到当时科学插图的另一种通用的法则：透明图或剖视图，在此用来显示上帝的天使如何向地狱边境的灵魂宣告耶稣的道成肉身。

正如托马斯·布塞［Thomas Buser］所论，纳达尔的规划是耶稣会士首次试图确立一种新的反宗教改革图画形式，正是在那些我们将其与"耶稣会风格"相联系的奢华巴洛克艺术之前。[2] 纳达尔认为，由于文艺复兴时期科学与印刷术的进步，其图像的神圣观念现在会以更强的现实性和清晰性，比以往

---

1 潘诺夫斯基（3），1:125—126。

2 布塞，第424—425页。有关耶稣会士何时、以何种方式开始影响反宗教改革和巴洛克艺术的观点，见维特科夫尔［Wittkower］/贾菲［Jaffe］；维特科夫尔，第5页。

所有的宗教艺术吸引更多的观众，通过最普遍的语言——图画语言（现今得到现代机械图易读的法则的强化）来传播信仰［*propaganda fide*］。

尽管纳达尔的书籍对于欧洲巴洛克艺术的未来进程无甚影响，但它确实影响了基督教传教士让异教徒皈依的方式。[1] 16世纪末著名耶稣会传教团在卓越的神父利玛窦（1552—1610）带领下前往中国，随身携带了纳达尔的《圣经故事图集》，作为珍贵的实用手册，是规劝异教徒皈依不可或缺的辅助物。利玛窦如此称赞："这部书在某种意义上比圣经更为有用，在我们与潜在的皈依者谈论之际，我们可以将单独以语言难以说明之事，置于他们眼前。"[2]

自16世纪初新西班牙的征服以来，基督教传教士在以文艺复兴风格的图画作为劝诱改宗的工具方面获得了大量经验。[3] 神父利玛窦在1601年最终获允现身于北京的帝国宫廷，赠予中国帝王大量的圣像，其中包括罗马圣母大教堂9世纪拜占庭风格的《圣母与圣子》［*Virgin and Child*］（据信为圣路加所绘）增强了明暗对比的复制品。[4] 耶稣会的目标是要通过这些图画的"写实性"让皇帝相信基督是真正"现世的上帝"而皈依。[5] 也许他们也认为这一仿本的希腊风格［*maniera greca*］特征，特别是所绘人物的杏仁状眼睛，使其更易于为东方趣味所接受。

同16世纪的所有传教会一样，耶稣会关心的是皈依者可能会误解基督教图像，将它们当作以前崇拜过的偶像一样来崇拜。因此，利玛窦只是想以图画作为传播基督教信息的一种手段，尤其是对于那些不懂欧洲语言的新入

1　见布塞；蒙森［Monssen］。当时只有一位画家尼科洛·奇尔奇尼亚尼［Niccolò Circignani］，人称波马兰乔［Pomarancio］（1516—1597）的，可说将纳达尔的"科学插图"观念运用于重要的系列壁画上。在罗马的圣司提反圆形教堂［Roman Church of San Stefano Rotondo］中，波马兰乔与助手受委托描绘基督教殉教的系列场景，意在激起耶稣会年轻新信徒在那里学习成为传教士的热情。不过，壁画充满了如此令人恐怖的主题，包括像解剖图那样标示的被肢解躯体的血腥细节，以致鲜有评论家承认其艺术价值。

2　见斯宾塞所引，第62页。

3　理查德，第188—193页；同时见普罗斯佩里。

4　伯纳德（2）；德礼贤［Pasquale d'Elia］（2），第33—34页与（3），2:123—130；邓恩［Dunne］。

5　德礼贤（3），2:123，注5。

教者。[1] 起初，他与传教士们对艺术之美本身毫无兴趣；正如亨利·伯纳德 259 [Henry Bernard] 所指出的，他们更喜欢佛罗伦萨和博洛尼亚新近建立的学院中所倡导的几何学制图风格。[2]

这种缜密的、可量化的艺术风格，特别适于耶稣会的形而上学，利玛窦及其追随者也希望在数学的基础上效仿其逻辑。利玛窦本人是透视几何学专家，具有不可思议的视觉成像的思考能力，已在心目中构造了一座精密的“记忆之宫”，想象中由数百间分离而具有几何对称的房间组成的帕拉第奥式结构，他本人在其中训练存取他希望记住的一切，诸如中国文字和象形符号以及冗长的哲学语录。[3] 通过练习这一记忆法（弗朗西斯·耶茨 [Frances Yates] 已表明，这是文艺复兴晚期欧洲知识分子间的通常做法），他甚至能够倒背这些而让中国主人惊骇不已（他不过是从后门进入记忆宫殿，而按照相反的顺序从那些房间回想图像）。[4] 因而在这种意义上，利玛窦特别欣赏纳达尔的插图中所体现的机械方式。中国人，要是得到这类图画的恰当激励，应当能够在他们的内心建立起类似的几何学记忆宫殿，也因此能够更好地记住基督教的那些复杂真理。

几乎从他1583年到达中国的那一刻起，利玛窦便意识到赢得皈依者的最佳方式，在于利用东方民族对于天文学的痴迷。中国人认为每年的日期和月份必须与太阳和月亮的运行精密吻合。这种校准是帝国的职责所在，因此皇帝身边总有一众特殊的专家。要是他的司天监未能准确地预测日月食发生的

1　德礼贤（2），第21页；（3），2:130。尽管利玛窦常表现出对中国艺术的偏见，德礼贤刊印了一幅17世纪末中国风格的绘画《圣哲罗姆拔去狮子脚上的刺》[*St. Jerome Extracting a Thorn from the Lion's Foot*]，声称为利玛窦所作（复制品见德礼贤（2），第19页）。没有提供文献证明，也没有任何其他证据表明利玛窦本人曾作过画。麦考尔 [McCall]（4）分析过这幅画，发现在各个方面（图像志与风格上）都超出了利玛窦的思想背景，第49页。

2　伯纳德（2），第208—209页。如利玛窦的同道龙华民 [Niccolò Longobardo] 神父在1595年致信罗马，特别请求更多像纳达尔《福音故事图集》那样的插图本印刷文献；见苏利文，第58页：“如果送来一些画有教义、戒律、原罪、圣礼之类的图画书籍，会很有价值。因为西方绘画采用了阴影画法，这在中国绘画中是没有的。所有这些书籍都被认为制作精妙、具有很高的艺术性。”

3　伯纳德（1），第25—30页。

4　耶茨，尤见于第17章。

日期，可怕的罪恶可能就会降临大地。尽管利玛窦本人并不是一位天文学家，他很快便看出中国专家数学计算上的错误。这是其绝佳良机！他有幸在数学，特别是几何学方面具有非凡的才能，他学自克里斯托弗·克拉维斯［Christopher Clavius］，当时西欧在世的最受人尊敬的数学家之一。他愿意直接地为天子效力，并得到皇帝邀请赴京。可能皇帝已开始赏识利玛窦的科学才能，授权他建立永久性的基督教传教团。利玛窦相信，要是皇帝的官僚士大夫当时意识到西方天文学的优越性，他们一定同样地臣服于罗马天主教的逻辑体系。要是有着数千万人口的全中国（1580年记载有58 500 801名纳税男丁）[1]能够服膺于基督，那必定是自罗马帝国皈依以来基督教最伟大的胜利。

260

尽管整体上中国的天文学在16世纪末与西方不相上下（并且它没有受到任何有关永恒的以太或同心天体理论的烦扰），它仍缺乏任何的几何体系。[2]尽管能干的中国天文学家能够根据代数方法追踪恒星和行星的轨迹，但他们不会立体式地表现天空（他们还没有星盘）。利玛窦认识到这一不足之处，于是请求罗马立即发送天文书籍和仪器，尤为重要的是训练有素的天文学家来北京。耶稣会罗马教廷在派遣天文学家方面极其迟缓，但书籍和仪器确在利玛窦的有生之年运达。他至少能够改善中国的一些测量技术，而皇帝也确实十分感激；因而在1601年满足了利玛窦的要求，甚至允许耶稣会士在北京兴建一阅览室，里面不仅有基督教文献，同时也有西方科学与技术的论著。[3]

这座建筑物，后来称作北堂图书馆，不仅为那些远离家园的耶稣会士加强文化和精神之用，同时也用于中国学者的启蒙，他们可以在那里了解西方思想。在利玛窦1610年去世后，他的直接继承者，特别是尼古拉斯·金尼阁神父［Father Nicolas Trigault］，设法增加了几千卷图书，包括当时欧洲出版

1　帕克［J. Parker］，第5页。

2　关于利玛窦时代中国天文学状况与西方的比较，见李约瑟（3），第171—458页；同时见中山/席文，第91—105页。

3　有关17世纪耶稣会传教团在中国的全部历史，参阅邓恩的著作。

261 的最新、有时也是最有争议的著作。[1]前往图书馆的中国人实在为这些技术论著所迷，特别是那些附有雕版插图的著作，“他们将其当作雕塑，而不相信这些图像只是‘图画’”[2]。此外，中国的宫廷也力促耶稣会士将其译出，并同意支付部分出版费用。[3]

毋庸置疑，在中国的耶稣会士都知道，欧洲文艺复兴风格的制图与绘画都遵循着同样合理的科学原理，他们希望将其传授给中国人。从北堂图书馆藏书的选择与数量可以清楚地看出这一点：19部论述透视法主题，其中包括丹尼尔·巴尔巴罗的《透视的实践》（威尼斯，1568年）和圭多巴尔多·德尔蒙特的《透视六书》（佩扎罗，1600年）；[4] 36部关于建筑主题，如巴尔巴罗版维特鲁威著作（威尼斯，1567年），两种版本的塞巴斯蒂亚诺·塞利奥的《建筑第七书》[*Architecturae libri septimus*]（法兰克福，1575年；巴塞尔，1609年），一部安德里亚·帕拉第奥[Andrea Palladio]的《建筑四书》[*Quattro libri dell'architettura*]（威尼斯，1601年）抄本，以及弗雷德曼·德·弗里斯[Vredeman de Vries]的《杰出的建筑》[*Architectura praeclara*]（阿姆斯特丹，1565年）；[5]还有六部论述绘画，包括洛玛佐[G. P. Lomazzo]的《论绘画》[*Trattato dell'arte della pittura*]（米兰，1585年）。[6]

此外，在到达北京之前，利玛窦已经设计并以中文标注的两幅托勒密《世界地图》[*mappaemundi*]，源自亚伯拉罕·奥特琉斯[Abraham Ortelius]

---

1 图书馆作为私有的耶稣会机构一直存至1948年。自那以后被并入北京图书馆。参见最后一位图书馆馆员费尔哈伦[H. Verhaeren]1948年编辑的原藏品详细目录。至于图书馆藏品的更简明概述，见吕尔[Rühl]等人；洛雷斯[Laures]。关于图书馆的创办，特别是利玛窦和金尼阁的贡献，见费尔哈伦，第6—14页，以及神父熊三拔[Father Sabatino De Ursis]致巴范济神父[Father Francesco Pasio]（罗马耶稣会总部派往中国和日本传教团的视察员）的备忘录，注明北京，1612年9月1日，刊于德礼贤（5），第63—82页；以及94页，注103。

2 引于舒尔哈默[Schurhammer]，第9页。

3 见熊三拔神父1612年备忘录，刊于德礼贤（5），第67页。

4 见费尔哈伦，条目1427、1428和3162。

5 同上书，条目2752、3056、3074、3387和3978。

6 同上书，条目3335。

的《寰宇全图》[*Theatrum orbis terrarum*]，他从欧洲携来两种拉丁语版本。[1] 这些图表对于中国人是一种新发现，尤其是对于南京的士大夫李之藻，他已经以中国图式准备了一幅类似的世界地图；也即，他将中国绘在大陆块的正中（“中心的王国”），而只以小岛表示的其他国家散布在外围地带。李之藻见到利玛窦的地图是如此地震惊，其上的中国要小得多，且远离中心，以至他决定全力以赴学习欧几里得几何学和托勒密的宇宙学。迄至1602年，李之藻已充分掌握了欧洲制图的投影方法，能够与利玛窦一起编辑具有不朽价值的利氏地图第三版，它由六幅单独的木刻版画组成，不仅以相应于世界其他国家正确的比例绘制出中国，而且是作为东半球的一部分，向东延伸至北美洲的太平洋沿岸地区。[2]

而利玛窦对于中国科学最伟大的贡献是他所译的欧几里得《几何原本》前六卷（根据克拉维斯1591年版本），他在中国的皈依基督教者徐光启的帮助下于1605年完成，并以中国风格的轴测法透视绘制的几何立体图形加以说明。[3] 在这部著作的前言部分，他补充了某些更进一步的思想，它们再次显示了一位意大利知识分子（伽利略的同时代人，觉得自己处在仍是中世纪的中国）如何思索西方与东方在追求科学（与神学）真理方面的不同态度：

> 我的遥远的西方祖国，尽管幅员狭小，却是所有其他国家中在精确分析方面独一无二的，其学校据此极为详细地考察自然现象。吾国学者把据理求证作为讨论的基本前提，他们不接受他人未经证实的观点。他们说，运用理性的考察能通向科学知识，而他人的观点只是导向新观点。

1　同上书，第7页；条目2355、2366。

2　该地图各部分的大号复制本以彩色刊印，附有德礼贤（1）的译文和评论。同时参见邓恩，第98页；德礼贤（3），1:207—211。这幅地图的十二分之一的单个页面得到复制并被简要论述于李约瑟（3），图版91，第583页对面。

3　费菲斯特[Pfister]，1:37；伯纳德（4），第2页。本书复制本可见于罗马博尔戈圣灵教堂街[Borgo Santo Spirito]的耶稣会法庭图书馆，在JAP-SIN题下（II 12、13和14）。

科学知识没有疑问；而观点总是与疑问相伴。[1]

以其近乎完美地理解汉语，利玛窦能轻而易举地翻译极其复杂的欧洲技术与神学、哲学论著。并且，正如德礼贤神父所指出的，他口述给本地的文员，以此保证他的文字以最地道的官话文言体写成。当然，在付梓前，利玛窦会审阅最终文稿。[2] 无论如何，他以汉语写出大量的原创科学著作，其中有关于数学、医学，甚至“记忆术”的小册子。

263

除了这种严谨的思维，利玛窦在其面对面地与较少数量概念的中国人交往时保持异常的宽容之心。实际上，他的总体策略是要让罗马天主教教义潜移默化地影响本土的儒家伦理，他发现其中的许多观念在教义上是相容的。直到17世纪中叶，罗马教廷与利玛窦的中国后继者都默认这一目标，确立了一套特殊的“中国仪礼”，融合基督教礼拜仪式与东方的独特礼仪。一则耶稣会士意识到，使用拉丁语进行宗教仪式对中国人而言过于困难，因此，教皇保罗五世［Pope Paul V］在1615年准予他们以汉语举行弥撒。在此先例下，他们创制了进一步的政策（再一次得到罗马教廷的默许），以汉字翻译和出版他们的文献。

在此情况下，根据纳达尔《圣经故事图集》而成的首部汉语小册子得以出版，称作《念珠规程》，作为耶稣会士吟诵《玫瑰经》的手册。它由利玛窦最亲密的合作者之一——葡萄牙神父罗如望［João da Rocha］于1620年前后编成。[3] 这部著作包括表现欣喜、悲哀和荣耀神迹的15幅木刻版画，全都根据纳达尔的图集改编，图8-2复制的是其中一幅，仿自马顿·德·澳斯的《耶稣的诞生》（图8-1）。

我们即刻注意到，模仿者让整幅作品中国化了。透视构图已根据中国传

1　见斯宾塞著作中的引文与翻译，第146页。

2　见德礼贤（5），第99页，注150。

3　德礼贤（2），第67—119页；同时参见费赖之，1:67—69。他误将著作年代定为1609年。该书复制本现藏于耶稣会法庭图书馆，在JAP-SIN I 43题下。另一复制本藏于巴黎国立图书馆，在MS. chinois 6861 II题下。



图8-2 《耶稣的诞生》，罗如望《念珠规程》中一位佚名中国艺术家的木刻版画，1620年，Jap.-Sin. I.43，fol. 78v

统变为平面的了，局部风景以本土图式绘成，其中主要人物也具有东方人的面部特征。我们可以猜想，罗如望神父满意于纳达尔主题的这一风格转变，因为它符合利玛窦的想法，即让中国观众在他们本身的儒家语境中想象基督教旨意。从这样的一幅《耶稣的诞生》图像中，中国观众会猜度，基督精神同儒家伦理一样，颂扬父权制家庭秩序的美德。（毕竟，纳达尔的画家确实[即便无意地]将圣约瑟夫置于马利亚的右首！）至于纳达尔原著中那些说教的描绘，中国风格中没有相应的传统，中国的模仿者干脆略去了。最重要的欠缺是明暗法，表明中国传统的绘画艺术尚未准备好去发扬纳达尔的“科学的”基督教沉思冥想。如当地的模仿者不能够表现从婴孩耶稣身体上所散发的神秘圣光[*splendor divinus*]。因此，这幅中国风格的《耶稣的诞生》（尽管具有异国情调的魅力）并没有表明基本的基督教寓意，即刚出生的婴孩耶稣同时是人和上帝，在西方绘画中由于光影的巧妙对比而彻底象征化了。最后，我们很好笑地注意到，中国的模仿者如何解释纳达尔图画中凸形洞穴的外表面上刻的十字线。他以为这是在描绘加在房屋木架上芦席的不规则部分。[1]

如此有趣地改变基督教图像志在今日全球基督教会政治看来不觉得冒犯，而实际上耶稣会士因其首先温和地尝试融合西方基督教与传统中国的社会哲学而受到赞扬。这一方针明显的利他主义似乎让天主教会感到满意，她急切

---

1 一些年以后，在1635年，艾儒略神父[Father Giulio Aleni]也承接类似的汉语“天主降生”工作，再次引用纳达尔的《圣经故事图集》。这位耶稣会士坚持他的中国画家至少要复制出西方的透视法和明暗法外观，甚至包括工程图风格的“透明视图”法则；见普菲斯特，1:131；同时见于科尔迪耶[Cordier]，第1页（普菲斯特著作的复制本现存于罗马的耶稣会图书馆：JAP-SIN I 187和188）。也许并非巧合，艾儒略刻板无生气的《耶稣的诞生》出版之际，正是势力强盛的方济各会和多明我会刚在美洲和菲律宾获胜，决定挑战在中国崛起的耶稣会传教团时。他们的策略就是指责耶稣会允许中国的新入教者继续进行儒家的“迷信行为”。他们特别愤慨地发现耶稣会士弱化处理耶稣受难的圣经故事。中国人确实难以接受这样的教导，神灵耶稣可以作为罪犯受惩罚，甚至在被钉死在十字架上、在被处决的盗贼中间遭羞辱的情形下被崇拜。如神父罗如望的《念珠规程》中所描绘的基督受难场面中，允许中国画家略去两盗贼，即便他们在纳达尔的两幅版画中（图版129、130）得到清晰的描绘。此外，纳达尔原作中描绘的实际上是隆吉努斯[Longinus]在边上刺戳耶稣，罗如望神父的“复制本”并没有描绘对救世主身体的这一伤害；而是将隆吉努斯描绘成将长矛安全地指向地面。德礼贤神父在为耶稣会士所做的充满激情的辩护中，复制了这些切题但受责难的图像，没有注意到它们与他本人的观点相抵触；见德礼贤（2），第125—126页；同时见邓恩，第367—370页，他出版了艾儒略的基督受难木刻版画，以支持与他类似的观点，反驳方济各会和多明我会的责难。

地要求以留在东方的新皈依者代替失去的欧洲人。因此，极端严格的1673年教皇通谕禁止传教士未经罗马天主教会预先核准而出版书籍或解释圣经，与梵蒂冈罗马教廷于1743年严厉谴责耶稣会士特殊的“中国仪礼”，被现代史家指责为导致了后两个世纪在中国的天主教传教团的瓦解与西方影响的终结。[1]

归根结底，至少就现代技术史而言，反对中国仪礼的那些教条的天主教教令，也许并非如此狭隘，至少就耶稣会士因为幼稚地将西方文本的插图交给本土画家而受到严厉批评而言是如此。欧洲人也许认为，即便在传统的中国，文字与图像也会相互匹配，正如他们自身的书籍一般，但中国的模仿者既不了解西方原作，也不觉得有必要去表现文字所描述的东西。

利玛窦及其在北京的后继者不断地请求罗马教廷派遣更多的天文学家，但从未请求派遣受过欧洲训练的合格艺术家。不过，利玛窦的上司、东方传教团监督者范礼安神父［Facther Alessandro Valignano］确实意识到为新教堂配备圣像的必要性。从新西班牙的方济各会士那里得到提示，他慎重地恳求当地的工匠接受训练，将他们的本土技艺与文艺复兴的明暗对照法和线性透视法结合起来。对于北京传教团而言遗憾的是，范礼安认定日本而非中国，应当成为训练中心，并因此指示乔万尼·尼古拉神父［Father Giovanni Nicolao］（1560—？）建立一座日本“圣路加学院”，当地信徒可以在那里学习文艺复兴风格的制图和绘画。这一决定（尚未得到现代史家的评价）的重要性超过了当时所有人的想象。[2] 也许它对中国和日本在即将来临的工业革命中选择不同的道路方面也发挥着某种作用。

无论如何，目前尼古拉实际上尚不为美术史家所知。据推测，他是在16世纪末那不勒斯众多知名画室中的一家接受美术教育的。在1591至1614年间，他辛勤地在不同城市设立画坊［botteghe］，其中最为重要的位于长崎；他在那

1　关于对詹森教派信徒及耶稣会其他猜忌对手的严厉谴责，见哈伊［Hay］，第95页及其后；同时见邓恩，第269页。

2　有关范礼安在日本的传教原则，见舒特［Schütte］。

267 里指导日本学徒学习欧洲风格的绘画与雕刻。[1] 其中两位学员（具有中国血统）后来在利玛窦在世期间，成为中国传教团成员。第一位教名为埃曼纽尔·贝勒拉［Emmanuel Pereira］（1636—1681）[2]，显然缺乏才具；第二位称作雅各布·丹羽［Jacopo Niwa］，被视为尼古拉最有才能的徒弟。据说他创作了几幅精美的西方风格祭坛画（可以肯定没有一幅留存下来）[3]，并得到同时代人的普遍赞赏。

不过，没有证据表明丹羽曾经受委托，为北京传教团翻译和刊印的西方书籍制作插图。[4] 据我所知，在17世纪初的北京，只有另一位耶稣会传教士，毕方济神父［Father Francesco Sambiasi］（1582—1649），竭力向中国画家介绍西方艺术观念。1630年前后，他出版了一本简短的汉语小册子——《画答》，设想他本人与士绅文人李之藻（可能就是二十多年前帮助利玛窦准备世界地图的那位）之间的对答。内容意在论证为何西方的肖像艺术看起来那样的“栩栩如生”[5]。实际上，毕方济（正如他在这一对话中承认的）正试图说服其同道，图画中的某些文艺复兴面相术和得体理论与中国的道家美学是相容的。其他方面，该论著没有提及透视法或明暗法。

1644年明朝灭亡后，耶稣会士试图迎合新的满族统治者，再次夸耀西方透视法的神奇之处。[6] 遗憾的是，这些努力与那些意在取悦中国文人士大夫的望远镜一样徒劳无功。既然耶稣会士劝诱改宗的政策始于达官贵族，相应地，西方科学和视觉艺术便只能从那一社会方向导入。

---

1 麦考尔（1），第125—137页；舒尔哈默，第3—11页；苏利文，第15—17页。蒂梅［Thieme］/贝克尔［Becker］并未提及尼古拉神父或其门徒。

2 麦考尔（4），第49—50页；普菲斯特，第378页。

3 见麦考尔（5），第52页；伯纳德（2），第220—224页；舒尔哈默，第5—9页；普菲斯特，第124—125页（“Neva”题下）。丹羽的生卒年不详。

4 麦考尔（4），第51页；（5），第52页。

5 普菲斯特，第136—143页；同时见于李约瑟（8），第111—112页。毕方济中国论著最初的印刷复制本现藏于罗马的耶稣会图书馆：JAP-SIN II，59。

6 苏利文，第60页；洛尔［Loehr］。值得注意的是，北堂图书馆拥有出版过的最壮观的透视法论著之一，《绘画与建筑透视》［*Perspectiva pictorum et architectorum*］（罗马，1693年）的复制本，由耶稣会神父安德烈亚·波佐所撰；见费尔哈伦，条目2511、2512。

在1610年利玛窦去世之后，耶稣会派往中国的最有才华的科学家是一 268 位瑞士人，邓玉函神父［Father Johann Schreck］（1576—1630），他喜欢以拉丁语自称为泰伦提乌斯［Terentius］；还有一位德国人，汤若望神父［Father Johann Adam Schall von Bell］（1591—1666），两人都于1623年抵达北京。邓玉函拥有医学学位，同时也是帕多瓦大学伽利略的天文学和数学课程的学生，后来当选享有盛望的罗马林琴科学院［Accademia dei Lincei］的成员。[1] 汤若望神父同样也是一位训练有素的天文学家，更是一位博识之士。[2] 同利玛窦一样，希望以其专门知识获得宫廷对基督教的好感，并成功地成为帝国历法问题的顾问。不过，在1644年明王朝灭亡后的动荡时期，耶稣会士发现自己得再次从头开始。邓玉函神父凭借各方面才华的卓越表现，艰难地赢得满族统治者的信任，他们重新视其为年轻新皇帝的密友。

在其漫长的一生中，汤若望神父出版了29部有关神学、天文学、数学、光学、地理学和历史的汉语著作。邓玉函神父尽管到达北京七年后便去世，却能够以汉语出版八部科学论著，论及数学、天文学、机械技术和解剖学。[3]

正如德礼贤所努力论证的，中国传教团的耶稣会士（至少是那些精通天文学的耶稣会士）一般都是“哥白尼－伽利略”假说的支持者，这一假说在当时的欧洲知识界激起众多的争议。北堂图书馆实际上紧跟时代，接纳了许多反映正反两方面观点的最流行、最相关的书籍。如它最终拥有哥白尼的《天体运行论》的两个版本（巴塞尔，1566年版以及阿姆斯特丹，1617年版） 269 和伽利略的《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》［*Dialogus de duobus*

---

1 普菲斯特，第153—158页；加布里埃利［Gabrielli］，第461—514页；德礼贤（5），第12页及其后。

2 普菲斯特，第162—182页；帕克［N. Parker］，第15页及其后；德礼贤（5），第25页及其后。

3 费尔哈伦未列北堂图书馆的维萨里《人体的构造》复制本，尽管许多其他的解剖学论著流入北京，包括胡安·德·巴尔韦德［Juan de Valverde］著名的《人体的历史》［*Historia de cuerpo humano*］，其中许多雕版插图抄自维萨里（威尼斯，1607年；条目3017）。不幸的是，邓玉函的中文解剖学没有插图（原版藏于罗马的维托里奥·埃马努埃莱国家图书馆［Biblioteca Nazionale Vittorio Emmanuele］，在72. C. 486, Catol. Soggetto 1 A-Catholic题下）。见普菲斯特，第156页与加布里埃利，第478—479页。邓玉函的文本引自卡斯帕·鲍欣［Kaspar Bauhin］的《解剖学讲堂》［*Theatrum anatomicum*］（法兰克福，1650年），同样没有插图，他可能亲自将一份复制本赠给北堂图书馆。见费尔哈伦，条目961与伯纳德（4），第338、354、358页。

maximis mundi systematibus］抄本（法兰克福，1635年）。[1] 唯有严厉的1616年教皇敕令，禁止任何基督徒讲授日心说，才阻止了传教士更加公开地支持哥白尼。因为中国传统的天文学也坚持以地球为中心的宇宙观，耶稣会士清醒地意识到，以欧洲尚争议很大的假说来进一步烦扰其主人，必定会徒劳无获。[2]

无论人们如何认为耶稣会士在这方面缺乏勇气，他们仍然坚定地崇敬伽利略，邓玉函神父不断地想让这位著名的佛罗伦萨人传来如何校准中国历法的想法。结果徒然，这位总是不易相处的伽利略从未回应。他显然不赞成以前的同事加入耶稣会，他本人与邓玉函的关系也日益紧张。[3]

如同所有17世纪的欧洲人，身在遥远中国的耶稣会士听到伽利略的"透视管"以及通过它观察到的情况这一消息后异常激动。奇怪的是，北堂图书馆1949年目录册（由神父费尔哈伦编辑，有4 000多条目）根本没有《星际信使》的抄本记录。而早至1615年，神父阳玛诺［Father Emmanuel Díaz］（1574—1644）在其所写的简短中文手册《天问略》附录中已提及伽利略通过望远镜的各种发现。[4]

在那位伟大的天文学家1610年因其发现而获得公众的赞誉之际，汤若望与邓玉函两人均在罗马。尤其是邓玉函，正为传教义务做准备，即刻开始收集有关伽利略望远镜的信息，希望有朝一日能在中国建造一台。1626年，汤若望出版其本人的简短论著《远镜说》，由他亲自创作并口授一位中国信徒。其19页（38个欧式页面）篇幅的内容包括解释光学原理的清晰图表与大量粗制的木刻插图，大多仿自欧洲原型。[5] 汤若望的插图之一（图8-3）描绘了

1　德礼贤（4），（5）；费尔哈伦，条目1384、1385、1656。

2　德礼贤（5），第57—59页。

3　有趣的是，邓玉函后来致函开普勒，他不同于伽利略，非常乐于助人，真的传来对北京有用的天文学知识；见德礼贤（5），第30—32页。

4　德礼贤（5），第17—19页。

5　德礼贤（4），第172—176页；（5），第33—40页；普菲斯特，第180页。汤若望著作的复制本可见于罗马的耶稣会图书馆：JAP-SIN II 39。

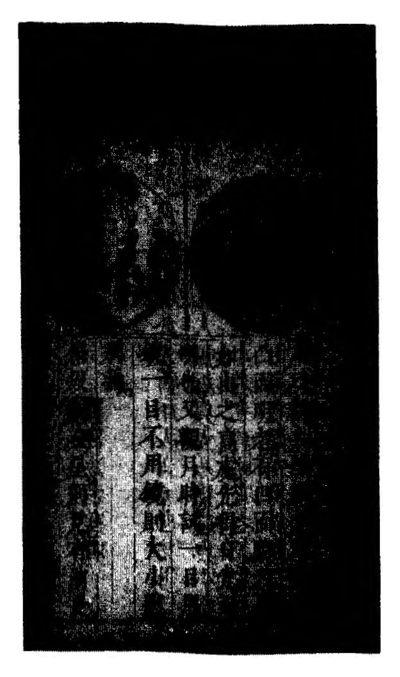


图8-3　汤若望《远镜说》中一位佚名中国艺术家的木刻版画，1626年，Jap.-Sin. II.39，fol. 45v

270

中国太阴月中月初与月尾的月相。两幅图画明显源自伽利略的《星际信使》，表现出那位佛罗伦萨天文学家1610年观察和描述的月球。要是汤若望手边没有伽利略的著作，那他必定是让中国插图画家仿自抄袭伽利略原作的其他欧洲印刷物。无论如何，左边的木刻版画，意在表明月球处在上弦月状态，实际上描绘的是被颠倒过来的伽利略的下弦月版画。

271

德礼贤在汤若望小论文的20世纪译文中没有再复制这些中国插图有充分的理由，因为它们几乎没有描绘出相关文字所描述的景象："利用于仰观，用以观太阴，则见本体有凸而明者，有凹而暗者，盖如山之高处，先得日光而明也……"[1]

1　译文由威廉姆斯学院的Hu Zheng提供，与德礼贤的意大利语稍有不同（[4]，第173页）："Nella Luna, si veggono delle parti illuminate e delle parti oscure; le prime sono convesse, le altre concave; in altri termini si ha da fare coi monti e le valli della luna... ."

且让我们仔细地观察这两幅木刻版画，将它们与伽利略的明暗对照图以及后来的版画（图7-12至图7-14）作比照。我们即刻注意到，尚不熟悉西方明暗表现雕刻技法的中国插图画家，难以理解他打算复制的阳光照射的月球山峰和阴暗的月坑。实际上，中国插图画家如托马斯·哈里奥特一样，对于月球上的“奇怪斑点”感到困惑。我们也许要问，汤若望是否仔细看过那些木刻版画？毕竟，它们是中国人所见的整个天文史上最重要的发现的最早图像。难道他没有意识到他的中国主人不熟悉明暗法会妨碍他们体会这些图画的意义？后来，当汤若望最终为中国皇帝获取了一部望远镜时，它被移交给军队，用来侦察火炮的目标。

更为新奇的是四年后由邓玉函神父编辑的另一部更具雄心的中文论著《远西奇器图说》中的插图。这部书籍（作为最早引入具有中国风貌的文艺复兴时期欧洲工程学著作，经常被现代史学家所引用）在中国通行多年。[1] 在北京首次出版时称作《远西奇器图说》，至少再版两次，直至1844年。[2] 此外，许多插图在1726年的大清百科全书《古今图书集成》中被仿制与再版。[3] 换句话说，在200多年的时间里（几乎直至20世纪初），《远西奇器图说》插图作为官方认可的、为中国人制作的欧洲机械工程学图画在中国一直通行。

最初的1627年版本分三卷出版，每卷50多页。第一、二部分解释阿基米德的理论力学原理，意译自这些西方书籍，如马里诺·盖塔尔迪［Marino Ghetaldi］的《阿基米德原理的新发展》［*Promotus Archimedis*］（罗马，1603年）、西蒙·斯蒂文［Simon Stevin］的《数学记录》［*Hypomnemata mathematica*］（莱顿，1608年）以及圭多巴尔多·德尔蒙特的《机械之书》

1 普菲斯特，第156—157页；伯纳德（4），第340页，注156；李约瑟（5），第170、211—218页；耶格尔［Jäger］，第78—96页；维辛格［Wiesinger］，第13页。

2 首版的不完整复制本现藏于罗马耶稣会图书馆（缺第一部分），JAP-SIN II 53。1844年版现藏于哈佛大学燕京图书馆，剑桥，马萨诸塞州：9100/ 3422（68）。

3 耶格尔，第78—79页。见《古今图书集成·考工典》，卷一三一至二五二。全书总套现藏于哈佛大学燕京图书馆，另一套藏于普林斯顿大学盖斯特［Gest］图书馆。

（佩扎罗，1577年）。[1] 第二部分，对于我们的研究非常重要，论及应用力学，以整幅的木刻版画描绘了54种不同的机械，由中国制图者仿自至少六部欧洲“机械博览”[theater of machine] 论著中的雕版印刷物：拉美里的《论各种工艺机械》（巴黎，1588年）、阿格里科拉的《论冶金》（巴塞尔，1556年）、海因里希·蔡辛 [Heinrich Zeising] 的《机械博览》[*Theatri machinarum*]（莱比锡，1636/1614年）、雅克·贝松的《数学和机械工具博览》[*Théatre des instruments mathématiques et méchaniques*]（里昂，1578年）、维托里奥·宗卡 [Vittorio Zonca] 的《机器和建筑的新天地》[*Novo teatro di machine e edificii*]（帕多瓦，1607年）以及弗斯图斯·费冉提乌斯 [Faustus Verantius] 的《新机器》[*Machinae novae*]（威尼斯，1615年）。[2]

16世纪末和17世纪的时候，这类称作“机械博览”的插图本科技书籍散布欧洲各地。[3] 许多书籍得以出版，而北堂图书馆进行了大量的采购。有趣的是，费尔哈伦目录册中并没有列出画家据其为《远西奇器图说》制图的所有书籍，意味着这些精美卷本，欧洲印刷业的骄傲，正为当时富裕的中国人私下购买。也许编辑这部西方“机械博览”论著目录的想法，源自邓玉函的杰出中国弟子，士绅斐理伯·王徵（1571—1644），万历朝的著名官员。[4]

实际上，王徵为这本书写下一篇长序，他在其中解释到，这些西方论著中的一部让他相信所描绘的这些起重、牵引和抽吸设备有益于国民。幸运的是，他对于无数西方武器和军事机械图毫无兴趣。无论如何，他描述了请教邓玉函及其他耶稣会士的情形，他们出示的图画超过1 000幅，并鼓励他为中国读者编纂和翻译那些材料。当王徵声明他对于西方语言知之甚少时，邓

---

1 费尔哈伦，条目1682（盖塔尔迪），条目2827（史蒂文）；李约瑟（5），第213页，注b以及耶格尔，第81—85页（蒙特 [Monte]）。奇怪的是，费尔哈伦并没有列出蒙特的经典著作，尽管他的北堂图书馆目录包含有蒙特的《阿基米德论浮体两书》[*In duos Archimedis aequeponderantium*]（佩扎罗，1588年，条目1425）。

2 费尔哈伦，条目3422（拉美里），条目730（阿格里科拉），条目3920（蔡辛）。费尔哈伦未列后三部著作。

3 凯勒。

4 关于王徵的生平简介，见加布里埃利，第514—515页。

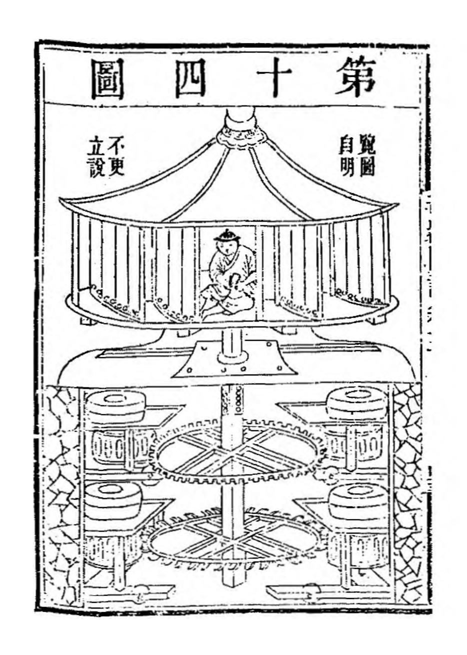


图8-4　邓玉函和王徵《远西奇器图说》中一位佚名中国艺术家的木刻版画，1627年

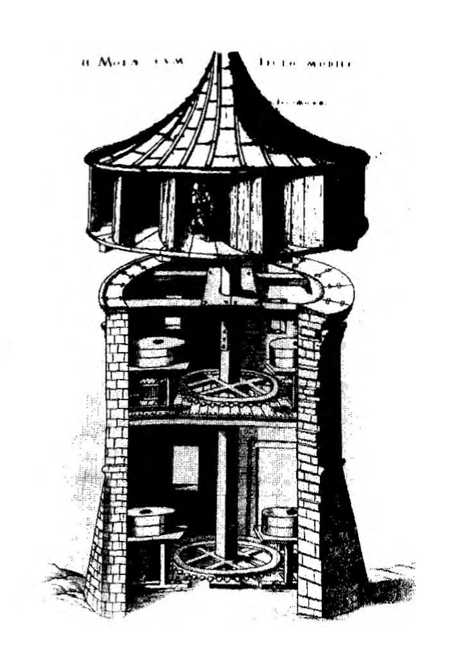
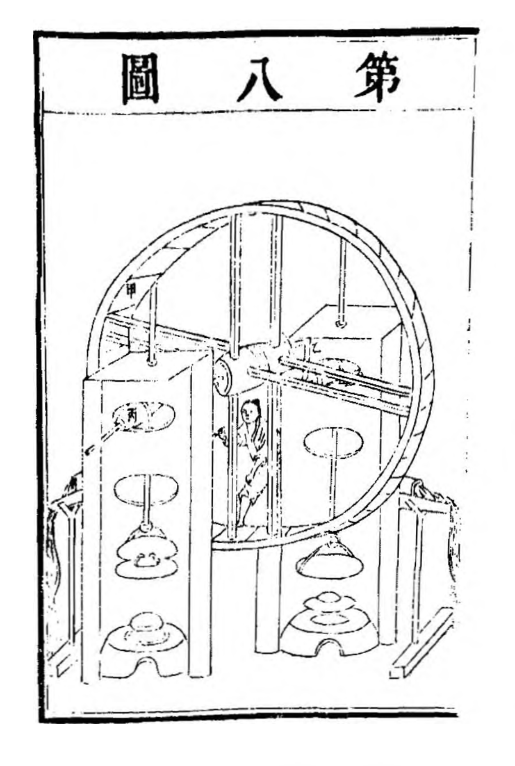
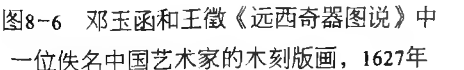


图8-5　弗斯图斯·费冉提乌斯《新机器》中的版画，1615年

玉函回答说，这项工作更难的是了解机械原理。王氏首先必须阅读利玛窦翻译的欧几里得几何学。在这些方面教导王徵数日后，邓玉函“口授”现存的《远西奇器图说》文字。王氏随后“翻译并图示之”。按照中国的语法理解，读者会想当然地认为像王徵这样的官员，必定会委托其他人制作插图。

图8-4显示的是1627年版中刊印的一幅插图。这是一幅直接仿自弗斯图斯·费冉提乌斯《新机器》图版11（图8-5）的木刻版画，描绘的是一台水平风力涡轮机，驱动分布在双层圆形石塔内的四台碾磨机的情形。不过，并没有附带中文描述；只有几个汉字“第十四图”，以及简短信息：“览图自明，不更立说。”何能如此！图画完全让人困惑难解。如涡轮机叶片是如何连接的，以及碾磨机（特别是上方的两台）应该在什么位置与主动轴相联系？图8-6和图8-7显示的是《远西奇器图说》中的另两幅木刻版画。第一幅表现的是一男子在踏车上来回驱动抽水机，源自维托里奥·宗卡的《机器和建筑




图8-6　邓玉函和王徵《远西奇器图说》中一位佚名中国艺术家的木刻版画，1627年

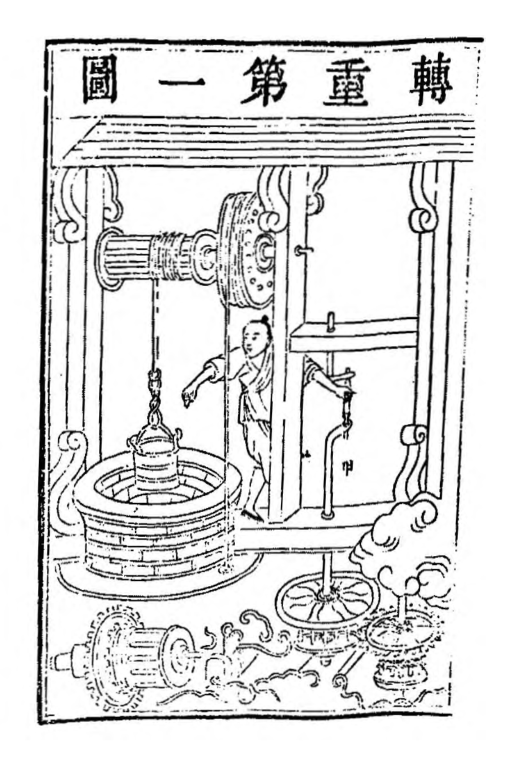


图8-7　邓玉函和王徵《远西奇器图说》中一位佚名中国艺术家的木刻版画，1627年

的新天地》（图8-8）。[1] 第二幅源自拉美里的《论各种工艺机械》（图8-9），描绘了一口水井，通过转动竖向的曲柄带动地下绞盘从中汲水。我们再次注意到这些木刻版画，同书中其他图画一样，错误地描绘了它们所“模仿”的原设计图。中国画家不仅不理解明暗法和透视法，他也没有意识到当时标准的西方工程制图法。他徒劳地解读宗卡的瓣阀泵“透明的”内部结构以及拉美里的地下绞盘剖视图（这位画家将其所不熟悉的、构成地面开口剖面图边缘的曲线解释成表示神秘的幻象）可谓离奇可笑，要不是它们同时还揭示出王徵（士绅中的名流精英）同工匠阶层的插图者一样不理解现今得到普遍认可的现代机械或科学制图的话。

我们不知道在王徵的译著付梓之前，邓玉函神父读过后的所思所想。难

1　这是宗卡论著中的几幅设计图之一，明显抄袭了弗朗切斯科·迪·乔治·马丁尼的15世纪手稿；见雷蒂。

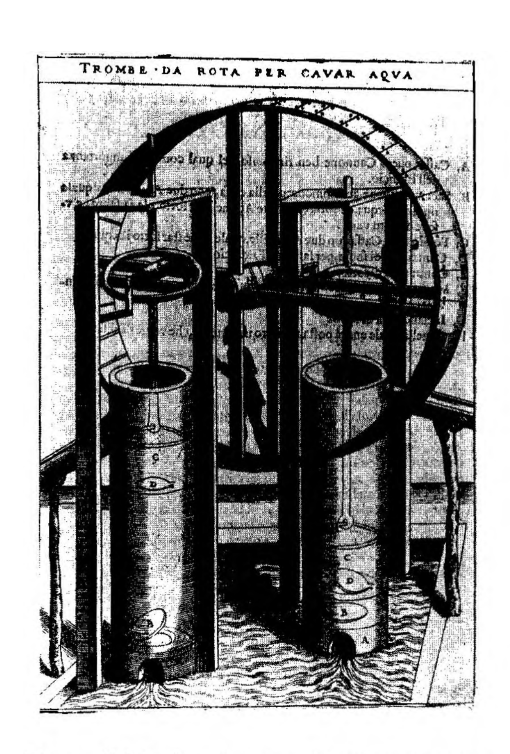


图8-8　维托里奥·宗卡《机器和建筑的新天地》中的版画，1607年

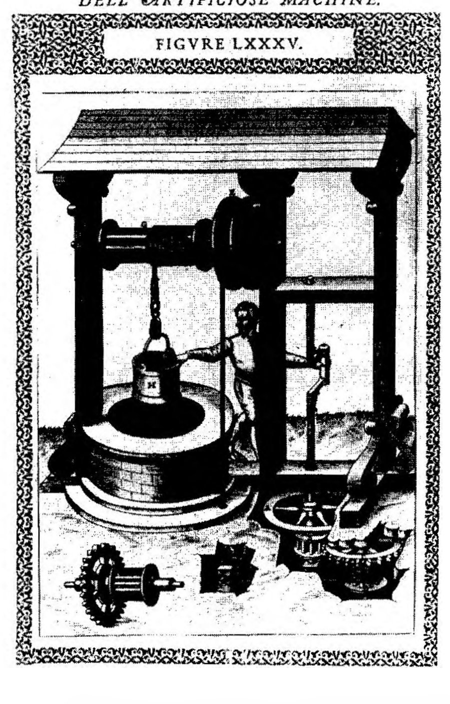
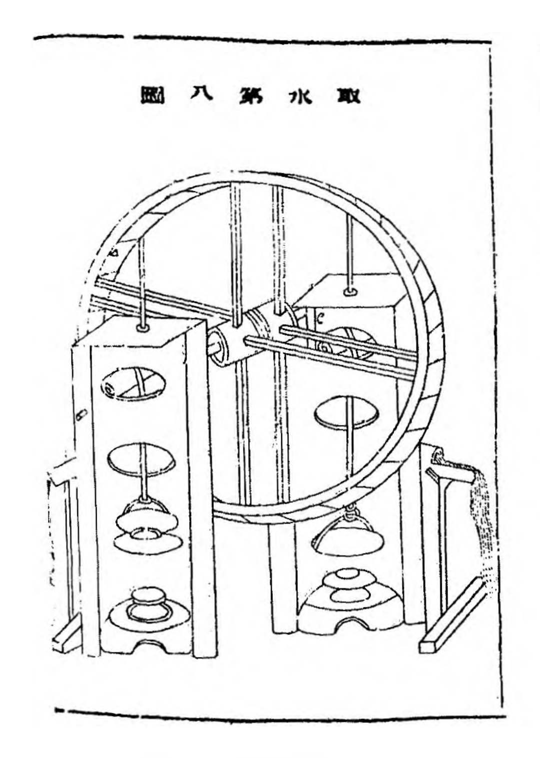


图8-9　阿古斯蒂诺·拉美里《论各种工艺机械》中的版画，1588年



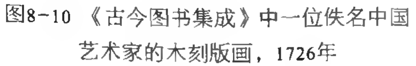


图8-10 《古今图书集成》中一位佚名中国艺术家的木刻版画，1726年

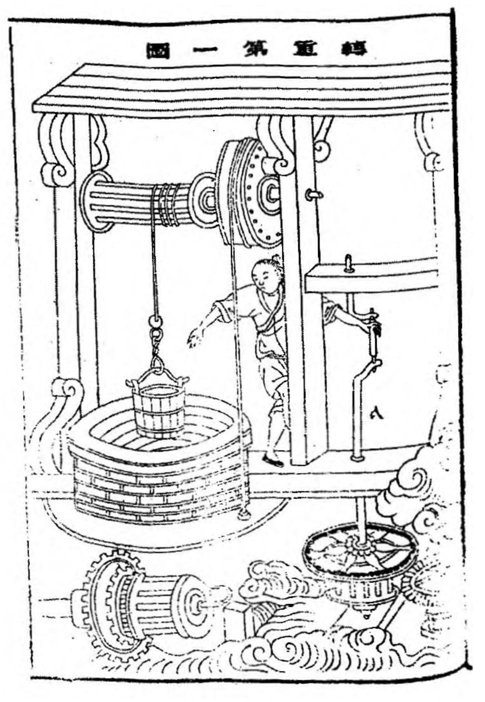


图8-11 《古今图书集成》中一位佚名中国艺术家的木刻版画，1726年

道这位耶稣会士是要让这些木刻版画传递这一天真的设想，即这些仅凭印象而作的图画会以某种方式将欧洲人得自文艺复兴风格图画的相同量化信息传给中国读者？

图8-10和图8-11显示出《远西奇器图说》在1726年清代百科全书《古今图书集成》中，是如何被重画、重刻并重印的。没有求助于欧洲原作，同时也仍然不理解西方的工程制图法则，18世纪的模仿者比其前任更为困惑。在未能成功地解读宗卡往复运动的瓣阀泵木刻仿本（图8-6）之后，他更进一步弄混了已难辨认的图像。有时他确实想合理地解释17世纪前辈所欲表现的内容。如他不满意于先前画家的判断，认为拉美里原作中的剖视图（图8-9）一定暗示着某种神秘的烟雾，飘荡在右下方传动装置的周围。他的解决办法

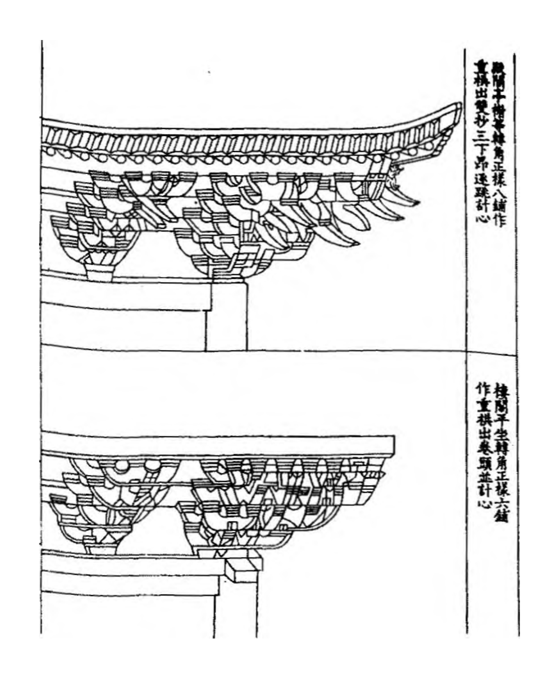


图8-12 《营造法式》中一位佚名中国艺术家的木刻版画，约1103年

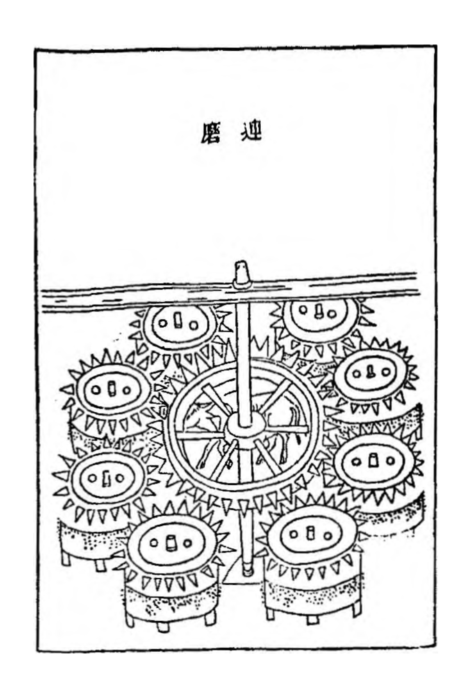


图8-13 《农书》中一位佚名中国艺术家的木刻版画，约1313年

（在同样错误的情况下更为明智）是，将传动装置描绘成像是在突然出现的汹涌浪涛中搅动的样子（图8-11）。

固然，技术类插图本书籍在中国的出版要远早于类似读物在西方的出现。毕竟，自9世纪起，印刷术一直是中国的传统工艺。[1] 1103年，西欧人正费力地手工抄写和装饰手稿的时候，在宋朝将作监任职的李诫出版了关于建筑标准的巨制《营造法式》，由1 000多印刷页面组成，并附有大量插图。1145年曾重刊，其复制品一再得到印刷与重印直至21世纪。[2] 1313年，也即马可·波罗［Marco Polo］将中国印刷术的最早消息带回欧洲几年后，元代关于农业的经典书籍——《农书》出版，附有许多木刻插图。随后又不断再版，直

1 关于中国印刷史的最新研究，见李约瑟（15）。

2 见格兰。

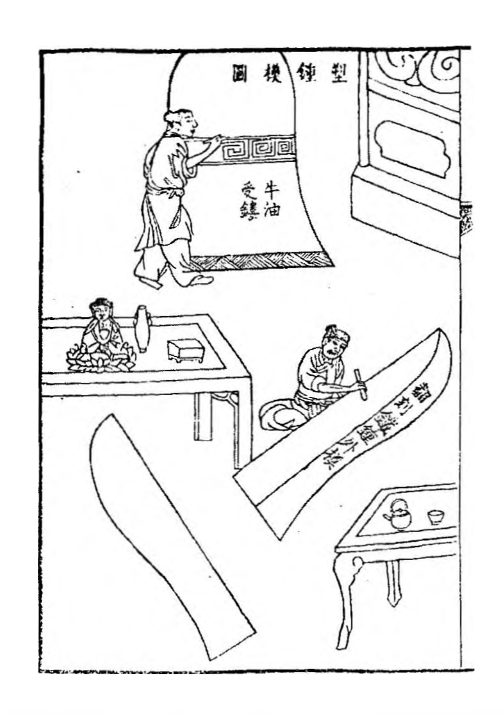


图8-14　宋应星《天工开物》中一位佚名中国艺术家的木刻版画，1637年

至1898年。[1] 1637年，即《远西奇器图说》成功后十年（也许是受其影响），明代另一位官员宋应星出版了《天工开物》。这一著名的技术经典著作（中国的狄德罗百科全书）已有英译本。

图8-12、图8-13和图8-14便出自这三部著作的插图。第一幅源自《营造法式》，描绘了中国传统建筑中用作檐口支撑物的两种斗拱变体。第二幅是已佚失的元代版《农书》中原作的明代仿本，显示全以齿轮与牛力转动的中间驱动轮相连的一圈粉磨。第三幅出自《天工开物》，描绘的是为铸钟准备模具的工匠。如同18世纪前中国出版的所有技术或科学图解，这些图画没有一幅是按比例绘制的。也就是说，没有一幅打算用作实际的工作图，从中可以获得尺寸或成比例的模板，用来构造所绘物体的三维复制品。实际上，正

1　李约瑟（17），第10—14页。

如埃尔斯·格兰[Else Glahn]所指出的，这些插图从未打算为工匠所用，他们“熟知建造之法”；它们意在作为官僚主管的学术参考书。[1]

与《远西奇器图说》和《古今图书集成》中令人困惑的插图不同，这些中国本土的技术论著的画家充分理解他们所描绘的装置。即便如此，不熟悉我们正在讨论的技艺的工匠仅靠观看埃舍尔[Escher]式《营造法式》设计图，是无法复制出三维的斗拱装置，或者根据《农书》图像上的刺状圆圈重现齿轮机构，或是在不阅读文字的情况下，辨认出《天工开物》图版上的抽象形状的。中国贵族（这些书籍为其而作）只能将这些书籍出示给富有经验的工匠看，他们在简单地研究图像之后就回到工场，并不再求助于原型，而制造出类似但功能完全不同的物品。

最后，我们一定想知道，为何耶稣会士对于教导中国人如何“读取”他们北堂图书馆西方书籍中的图画是如此的冷漠，即便纳达尔的《圣经故事图集》中的版画也是如此。不过，与新西班牙圣方济各会的传教士不同，他们努力根除被征服民族的本土文化，在中国的耶稣会士确实觉得自己只是受邀而来的客人。他们谨防（也许太过）显露出忽视或贬低他们高傲而世故的主人的传统。

287

不幸的是，在这种情况下，他们造成了严重的危害。也许他们除了允许对于文艺复兴时期明暗法和透视法既无准备也不熟悉的中国画家去图解西方科学技术书籍之外别无选择，而他们创造的一套“中国仪礼”，对于这一伟大民族艰难地追求世俗的现代化贡献甚微。

1 格兰，第169页。

结 语

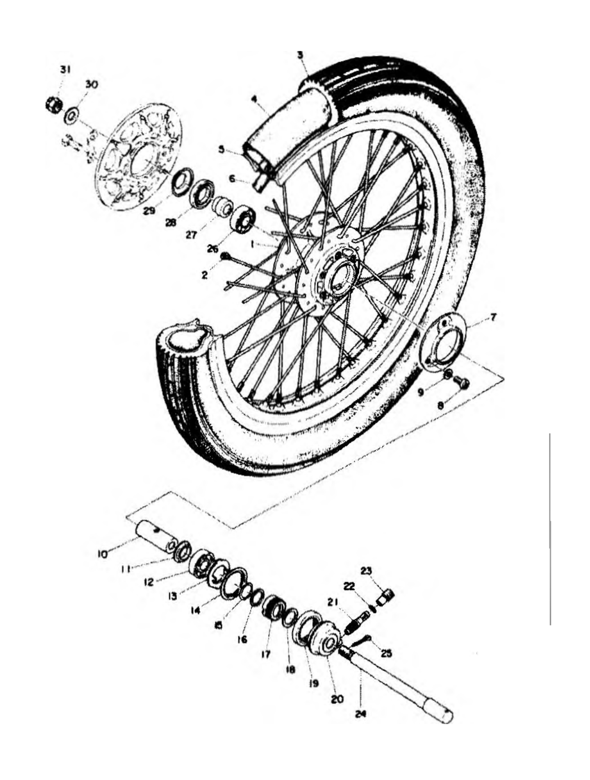
知识有两类，一类关注转瞬即逝的事物，一类指向不生不灭永恒不变之事物。就真实性而言，我们认为后者更胜于前者。

——柏拉图，《斐里布篇》[*Philebus*]（公元前4世纪）

西方文艺复兴时期刊印的插图本科技论著（如阿格里科拉、拉美里和宗卡等人的）同中国的情形一样，都是为上层社会主顾而出版。大多设计成精美的参考书供赞助人使用，而这些人自身（同东方官僚一样）从不从事体力劳动。

尽管如此，这一方面文艺复兴欧洲与明代中国（不仅中国，同时也包括当时世界各地的所有非西方文化）之间存在着根本的差异。正如我们所见到的，根植于中世纪基督教教义的独特传统正在西方形成：享有特权的贵族阶层通晓欧几里得几何学成为一种社会风尚。即便在12世纪以前，早期基督教教父便猜想他们也许可以在欧几里得几何学中发现上帝的思维过程。换句话说，几何学以及算术、天文学和音乐，古代四门高级学科中的姊妹艺术，据信以上帝最初记下宇宙的天然法则的语言说话。

由于中世纪时期的机械工艺一直被看作这一神圣旨意在尘世的实际显现，



图E-1　雅马哈摩托车前轮装配分解图，出自XS650型1974—1977维修手册

不论是在西欧还是17世纪后新拓殖的美洲的统治阶层，皆认为赞助公共事业（包括应用数学，特别是几何学）是他们基督徒的义务。于是，文艺复兴时期插图本建筑学和机械装置类书籍在传播上帝的作品方面，被认为具有近乎福音书的作用。这些书籍主人的身份表明，对于造物主与普通公众而言，上层社会正在履行作为上帝总体规划的指定代理人的天赋权利。15世纪佛罗伦萨善于辞令的圣安东尼诺［St. Antonine］大主教这样说道："衡量世间万物，便可创建神的几何学。"

15世纪后的西欧很快接受了几何线性透视，因为基督徒愿意相信，他们注视艺术中的这一图像之际，正在感知上帝创世纪时构造现实世界的同一本

质的复制品。到17世纪，随着自然哲学家（诸如开普勒、伽利略、笛卡尔和牛顿）日益认识到线性透视确实符合人类视觉实际的光学和生理学过程，不仅透视学方面的著作的基督教出版许可得到维持，而且这有利于加强西方科学日益增长的乐观主义和民主主义的信仰，即认为上帝的思维过程最终能被参透；有关自然的知识（和控制）可以为现世之人了解。

若是在后来的西方艺术中，透视底稿隐然以柏拉图主义纯形式理念世界中更高的真实赋予了最终的画作，那我们至少可以找出一个原因，为何西方手工艺者（特别是在16和17世纪期间）越来越依赖于事先预备的标准比例图。通过证明他们能够在纸上绘出这类符合几何原理的设计图，手工艺者实际上跻身于其赞助人行列，被圣化为上帝之作的施行者，这明显提高了他们自身的社会地位。

不论人们是否说起这种标准化程序经常激起了劣质的、刻板的艺术，毫无疑问的是，文艺复兴以后在西方与世界其他地方出现的根本区别，不仅与他们观看图画的方式，而且首先与他们想象现实世界的方式有关。

从长远看，哲学家和文化史家得判断这一独特的西方观看方式对于整个人类的有益或危害程度。不过从短期来看，毫无疑问，世界上每位期望在科学或技术方面取得成功的有文化、受过教育者，不论他或她的种族传统、本土语言或经济地位如何，必须掌握按规定比例绘制的现代工作图，即刻明了文艺复兴时期西方艺术家发明的那些独特的透视法则。

致 谢

本书的写作时间超出了我的预期，拖延的过程无疑严重影响了我写作的初衷。若是恶习也有正面功效的话，那我的拖沓委实让我有了更多的沉思空间，凝聚了智慧与概观，而敷衍了事也许会牺牲掉这些。我非常高兴这么多优秀同人献出宝贵的时间来倾听和争论我的观点。以下所有这些（按字母排序列出的）人士的观点都多少出现于本书中，我对他们的感激之情无以言表。不幸的是，我衰退的记忆力已不再敏捷；要是我忘记了某位，还请见谅！

詹姆斯·阿克曼［James S. Ackerman］、鲁道夫·阿恩海姆［Rudolf Arnheim］、威廉·阿什沃思［William Ashworth］、安东尼·阿韦尼［Anthony Aveni］、凯伦-埃迪斯·巴尔兹曼［Karen-edis Barzman］、欧金尼奥·巴蒂斯蒂［Eugenio Battisti］、耶稣会士罗伯特·皮埃里［Robert L. Bireley, S. J.］、凯萨琳·韦伊-加里·勃兰特［Kathleen Weil-Garris Brandt］、马歇尔·克拉格特［Marshall Clagett］、伯纳德·科恩［I. Bernard Cohen］、詹姆斯·康利［James Conley］、爱德华·克朗兹［F. Edward Cranz］、阿利斯泰尔·克龙比［Alistair Crombie］、斯蒂尔曼·德雷克［Stillman Drake］、布鲁斯·伊斯特伍德［Bruce Eastwood］、阿兰·埃伦乌斯［Allan Ellenius］、马里萨·达拉伊·埃米利亚尼［Marisa Dalai Emiliani］、菲尔德［J. V. Field］、克瑞顿·吉尔伯特［Creighton Gilbert］、伯

特·霍尔［Burt S. Hall］、伯特·汉森［Bert Hansen］、弗雷德里克·哈特［Frederick Hartt］、弗朗西斯·哈斯克尔［Frances Haskell］、马丁·肯普［Martin Kemp］、约翰·肯尼迪［John M. Kennedy］、郭继生［Jason C. Kuo］、布鲁诺·拉图尔［Bruno Latour］、玛丽莲·拉文和欧文·拉文［Marylin and Irving Lavin］、大卫·林德伯格［David Lindberg］、克里斯滕·利平科特［Kristen Lippincott］、凯萨琳·劳［Catherine Lowe］、法布里齐奥·曼奇内里［Fabrizio Mancinelli］、路易吉·米凯利尼-托奇［Luigi Michelini-Tocci］、约翰·默多克［John Murdoch］、诺伊格鲍尔［O. Neugebauer］、罗伯塔·奥尔森［Roberta Olson］、耶稣会士查尔斯·奥尼尔［Charles O'Neill, S. J.］、凯瑟琳·帕克［Katharine Park］、查尔斯·帕克赫斯特［Charles Parkhurst］、尼古拉斯·彭尼［Nicholas Penny］、杰伊·帕萨乔夫［Jay Pasachoff］、约翰·赖克特［John Reichert］、吉哈德·鲁夫［Gerhard Ruf］、芭芭拉·萨拉查［Barbara H. Salazar］、古斯蒂娜·斯卡利亚［Gustina Scaglia］、威廉·舒帕克［William Schupback］、查尔斯·斯韦豪瑟［Charles Schweighauser］、耶稣会士约瑟夫·塞比斯［Joseph Sebes, S. J.］、托马斯·塞特尔［Thomas B. Settle］、阿兰·夏皮罗［Alan Shapiro］、威廉·谢伊［William Shea］、约翰·谢尔曼［John Shearman］、罗科·西尼斯加利［Rocco Sinisgalli］、南森·席文［Nathan Sivin］、西里尔·斯坦利·史密斯［Cyril Stanley Smith］、保罗·所罗门［Paul R. Solomon］、莱奥·施泰因贝格［Leo Steinberg］、惠特尼·斯托达德［Whitney Stoddard］、路易吉·瓦涅蒂［Luigi Vagnetti］、范龢惇［Albert Van Helden］、金·费尔特曼［Kim Veltman］、罗伯特·沃尔兹［Robert Volz］、黛安·沃斯［Diane Voss］、爱丽丝·沃尔和赫尔穆特·沃尔［Alice and Hellmut Wohl］、理查德·沃尔夫［Richard J. Wolfe］与大卫·伍德沃德［David Woodward］。

我还想感谢以下富有耐心的助手和学生，他们完成了极具价值的研究与编辑工作，他们是：佩吉·埃杰顿·默尼耶［Perky Edgerton Meunier］、劳拉·盖尔芬德［Laura Gelfand］、约瑟夫·杰弗里［Joseph Giuffre］、劳里·格洛弗［Laurie Glover］、雷蒙娜·利维罗夫［Ramona Liberoff］、斯科特·奥普勒［Scott Opler］、保罗·普罗沃斯特［Paul Provost］、马克·斯坦斯伯里-奥唐纳

（Mark Stansbury-O'Donnell）、伊尔·施泰因贝格（Jill Steinberg）。

当然，这一学术项目主要基于慷慨的研究经费与研究基金的支持。我非常感谢约翰·西蒙·古根海姆基金会（1977—1978）、美国学术团体协会（1978、1987）、威廉姆斯学院基金会（1986）、罗马美国科学院（1986）、普林斯顿高等研究院（1987）、牛津大学三一学院（1987）。

插图的来源（除了我已经提供的）都在图例中标明。

小塞缪尔·埃杰顿

马萨诸塞州，威廉斯敦

参考书目

Abelarid, Peter. *Beitrage zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters: Die philosophische Schriften Peter Abelards*. Ed. B. Geyer. Vol. 21. Münster/W.: Aschendorf, 1927.

Ackerman, James S. et al. "The Natural Sciences and the Arts." *Figura* 22 n.s. (1985). Also in Ellenius.

Agricola, George Bauer. *De re metallica Libri XII*. Basel: J. Fruben and N. Episcopum, 1556. Facsimile ed., ed. H. C. Hoover and L. H. Hoover. London, 1912; rpt. New York; Dover, 1950.

Aiken, Jane. "Renaissance Perspective: Its Mathematical Source and Sanctions." Ph.D. diss., Harvard University, 1986. Ann Arbor, Mich.: University Microfilms.

Alberti, Leon Battisra (1). *Leon Battista Alberti on Painting and on Sculpture: The Latin Texts of 'De Pictura' and 'De Statua.'* Ed. and trans. Cecil Grayson. London: Phaidon, 1972.

Alberti, Leon Battista (2). *On the Art of Building in Ten Books*. Ed. and trans. Joseph Rykwert, Neil Leach, and Robert Tavernor. Cambridge: MIT Press, 1988.

Alexander of Aphrodisias. *De anima*. Ed. Ivo Bruns. Supplementum Aristotelicum II, 1. Berlin, 1887.

Allen, Richard Hinckley. *Star Names: Their Lore and Meaning*. New York: Dover, 1963.

Amerson. Lawrence Price, Jr. "The Problem of the Ecorche: A Catalogue Raisonne of Models and Statuettes from the Sixteenth Century and Later Periods." Ph.D. diss., Pennsylvania State University, 1975. Ann Arbor, Mich.: University Microfilms.

Anselm, Saint. *Opera omnia*. Ed. F. S. Schmitt, O. S. B. 2 vols. Stuttgart: Friedrich Frommann, 1968.

Antonine, Saint. *Sancti Antonini Summa Theologica*. Verona: Typographia Seminarii apud Augustinum Carattonium, 1740. Facsimile ed., 4 vols., Graz: Akademische Druck- u. Verlagsanstalt, 1959.

Apa, Mariano. *Visio mundi: Arte e scienza dal medioevo al rinascimento*. Urbino: Quattro Venti, 1986.

Ariew, Roger. "Galileo's Lunar Observations in the Context of Medieval Lunar Theory." *Studies in the History and Philosophy of Science 15*, no. 3 (1984): 212—227.

Arnheim, Rudolf (1). *Art and Visual Perception: A Psychology of the Creative Eye*. Berkeley: University of California Press, 1965.

Arnheim, Rudolf (2). " Inverted Perspective in Art: Display and Expression." *Leonardo* 5 (1972): 125—135.

Arnheim, Rudolf (3). *The Power of the Center: A Study of Composition in the Visual Arts*. Berkeley: University of California Press, 1988.

Augustine, *St. Sancti Augustini Confessionum libri XIII*. Ed. Martin Skutella and Lucas Verheijen. Sancti Augustini Opera: Corpus Christianorum 27. Series Latina. Brussels, 1981.

Bacon, Roger (1). *Opus Tertium; Opus Minus; Compendium Philosophiae; De Nullitate Magiae*. In *Fr. Rogeri Bacon opera quaedam hactenus inedita*, ed. J. S. Brewer, vol. 1. Rerum Britanicarum Medii Aevi Scriptores, vol. 15. London, 1859; Kraus Reprint, 1965.

Bacon, Roger (2). *The Opus Majus of Roger Bacon*. Ed. John Henry Bridges. 2 vols. Oxford: Clarendon, 1897.

Bacon, Roger (3). *Secretum secretorum cum glossis et notulis. In Opera hactenus inedita Rogeri Baconi*, ed. Robert Steele, vol. 5. Oxford: Clarendon, 1920.

Bacon, Roger (4). *The Opus Majus of Roger Bacon*. Trans. Robert Belle Burke. 2 vols. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1928.

Bacon, Roger (5). *De multiplicatione specierum; De speculis comburentibus*. In *Roger Bacon's Philosophy of Nature* . . . , ed. and trans. David C. Lindberg. Oxford: Clarendon, 1983.

Baldinucci, Filippo. *Della notizia de' professori del disegno da Cimabue in qua*. 21 vols. in 7. Florence: G. B. Stecchi, 1773.

Baltrušaitis, Jurgis. *Anamorphic Art*. New York: Abrams, 1969.

Barzman, Karen-edis. "The Universita, Compagnia, ed Accademia del Disegno." Ph.D. diss., Johns Hopkins University, 1985. Ann Arbor, Mich.: University Microfilms.

Battisti, Eugenio. *Cimabue*. Trans. R. and C. Enggass. University Park: Pennsylvania State University Press, 1966.

Battisti, Eugenio, and Giuseppa Saccaro Battisti. *Le macchine cifrate di Giovajnni Fontana*. Milan: Arcadia, 1984.

Beck, James H. "The Historical 'Taccola' and the Emperor Sigismondo in Siena." *Art Bulletin* 50 (1968): 309–320.

Beck, Theodor. *Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues*. Berlin: Springer, 1899.

Bellosi, Luciano. *La pecora di Giotto*. Turin: Einaudi, 1985.

Belting, Hans. *Die Oberkirche von San Francesco in Assisi: Ihre Dekoration als Aufgabe und die Genese einer neuen Wandmalerei*. Berlin: Mann, 1977.

Benesch, O. "Leonardo da Vinci and the Beginning of Scientific Drawing", *American Scientist* 31 (1943): 311–316.

Benton, Janetta Rebold (1). "Influence of Ancient Roman Wall-Painting on Late Thirteenth-Century Italian Painting: A New Interpretation of the Upper Church of S. Francesco in Assisi." Ph.D. diss., Brown University, 1982. Ann Arbor, Mich.: University Microfilms.

Benton, Janetta Rebold (2). "Perspective and the Spectator's Pattern of Circulation in Assisi and Padua" *Artibus et Historiae* 19 (1989): 37–52.

Benzing, Josef. *Walther H. Ryff und sein literarisches Werk: Eine Bibliographie.* Hamburg: Dr. Ernst Hauswedell, 1959.

Bernard, Henri, S. J. (1). *Le rapport scientifique du pere Matthieu Ricci à la Chine.* Tientsin, 1935.

Bernard, Henri, S. J. (2). "L'art chretien en Chine du temps du P. Matthieu Ricci." *Revue histoire des missions* 12 (1935): 199–229.

Bernard, Henri, S. J. (3). "Notes on the Introduction of the Natural Sciences into the Chinese Empire." *Yenching Journal of Social Studies* 3, no. 2 (1941): 220–241.

Bernard, Henri, S. J. (4). "Les Adaptions chinoises d'ouvrages européens: Bibliographie chronologiques depuis la venue de Pékin, 1514–1688." *Monumenta serica* 10 (1945): 1–57, 309–398.

Bernard, Henri, S. J. (5). "Une Bibliothèque médicale de la Renaissanée conservée a Pékin." *Bulletin de l'Université d'Aurora* 29 (1947): 99–118.

Berthelot, M. "Histoire des machines de guerre et des arts méchaniques au Moyen Âge." *Annales de chimie et de physique*, ser. 7, 19 (1900): 289–420.

Besson, Jacques. *Théatre des instruments mathématiques et méchaniques.* Lyon: Batholemy Vincent, 1578

Betts, Richard J. "On the Chronology of Francesco di Giorgio's Treatises: New Evidence from an Unpublished Manuscript." *Journal of the Society of Architectural Historians* 36, no. 1 (1977): 3–14.

Biagioli, Mario. "Galileo the Emblem Maker." *Isis* 81 (1990): 230–258.

Blatt, Sidney J., and Ethel S. Blatt. *Continuity and Change in Art: The Development of Modes of Representation.* Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1984.

Bloom, Terrie F. "Borrowed Perceptions: Harriot's Maps of the Moon." *Journal for the History of Astronomy* 9 (1978): 117–122.

Bochner, Salomon. *The Role of Mathematics in the Rise of Science.* Princeton: Princeton University Press, 1966.

Boll, Franz, Carl Bezold, and Gundel Wilhelm. *Sternglaube und Sterndeutung: Die Geschichte und das Wesen der Astrologie.* Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1966.

Borsi, Stefano. *Giuliano da Sangallo: I disegni di architettura e dell'antico.* Rome: Officina Edizioni, 1985.

Boskovits, Miklos. "Gli affreschi della Sala dei Notari di Perugia e la pittura in Umbria alia fine del XIII secolo." *Bolletino d'arte*, ser. 6, 66 (1981): 1–41.

Boyer, Carl B. *A History of Mathematics.* New York: Wiley, 1986.

Brandi, Cesare. "Sulla cronologia degli affreschi della Chiesa Superiore di Assisi." In *Atti del Congresso Internazionale per la Celebrazione del vii Centenario della Nascita di Giotto.* Rome: De Luca, 1971

Braudel, Fernand. *Capitalism and Material Life, 1400–1800.* Trans. Miriam Kochan. New York: Harper & Row, 1967.

Bryson, Norman. *Vision and Painting: The Logic of the Gaze*. New Haven: Yale University Press, 1983.

Bucher, François (1). "Design in Gothic Architecture: A Preliminary Assessment." *Journal of the Society of Architectural Historians* 27 (1968): 49–71.

Bucher, François (2). "Medieval Architectural Design Methods." *Gesta* 11, no. 2 (1973): 37–51.

Burtt, E. A. *The Metaphysical Foundations of Modern Science*. New York: Harcourt, Brace, 1925.

Buser, Thomas. "Jerome Nadal and Early Jesuit Art in Rome." *Art Bulletin* 57 (1976): 424–433.

Butterfield, H. *The Origins of Modern Science, 1300–1800*. London: G. Bell, 1949.

Byard, Margaret M. "The New Heaven: Galileo and the Artists." *History Today* 38 (1988): 30–39.

Campana, Augusto. "Due note su Roberto Valturio." In *Studi rimmesi e bibliografici in onore di Carlo Lucchesi*, pp. 11–24. Faenza, 1952.

Carugo, Adriano, and Alistair C. Crombie. "The Jesuits and Galileo's Ideas of Science and Nature." *Annali dell' Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze* 8, no. 2 (1983): 4–68.

Cavini, Anna Ottani." On the Theme of Landscape," II: "Elsheimer and Galileo." *Burlington Magazine* 118 (1976): 139–144.

Chappell, Miles. "Cigoli, Galileo, and Invidia." *Art Bulletin* 57 (1975): 91–98.

Chapuis, Alfred, and Edmond Droz. *Les Automates: Figures artificielles d'hommes et d'animaux, histoire et technique*. Neuchâtel: Musée d'Histoire, 1949.

Clagett, Marshall (i). "The Medieval Latin Translations from the Arabic of the Elements of Euclid, with Special Emphasis on the Versions of Adelard of Bath." *Isis* 44 (1953): 16–42.

Clagett, Marshall (2). *Archimedes in the Middle Ages*. 3 vols. Philadelphia: American Philosophical Society, 1964–1978.

Clagett, Marshall (3). "The Life and Times of Giovanni Fontana." *Annali dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza* 1, no. 1 (1976): 5–28.

Clark, D. L. "Optics for Preachers: The Oculo morali by Peter of Limoges." *Michigan Academician* 9, no. 3 (1977): 329–343.

Cohen, I. Bernard (1). *Album of Science: From Leonardo to Lavoisier, 1450–1800*. New York: Scribner's, 1980.

Cohen, I. Bernard (2). "The Influence of Theoretical Perspective on the Interpretation of Sense Data: Tycho Brahe and the New Star of 1572, and Galileo and the Mountains of the Moon." *Annali dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze* 6, no. 1 (1982): 3–13.

Cohen, I. Bernard (3). *The Birth of the New Physics*. Rev. ed. New York: Norton, 1985.

Cope, Maurice E. *Venetian Chapels of the Sacrament in the Sixteenth Century*. New York: Garland, 1979.

Cordier, M. Henri. *L'Imprimerie sino-européenne en Chine: Bibliographie des ouvrages publiés en Chine per les européens au xviie et au xviiie siècles*. Paris, 1901.

Cranz, F. Edward. "The Reorientation of Western Thought circa 1100 A.D." Four unpublished lectures,

Department of History, Connecticut College, New London, 1984.

Crombie, Alistair C. (1). *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100–1700*. Oxford: Clarendon, 1953.

Crombie, Alistair C. (2). "The Mechanistic Hypothesis and the Scientific Study of Vision: Some Optical Ideas as a Background to the Invention of the Microscope." *Proceedings of the Royal Microscopical Society* 2, no. 1 (1967): 2–57.

Crombie, Alistair C. (3). *Augustine to Galileo: Science in the Middle Ages and Early Modern Times*. 2 vols. London: William Heinemann, 1957; Cambridge: Harvard University Press, 1979.

Crowley, Theodore, O. F. M. *Roger Bacon: The Problem of the Soul in His Philosophical Commentaries*. Louvain/London: James Duffy, 1950.

Dante Alighieri (1). *Le opere di Dante Alighieri*. Ed. E. Moore and P. Toynbee. Oxford: Clarendon, 1924.

Dante Alighieri (2). *La Divina Commedia*. Ed. C. H. Grandgent and C. S. Singleton. Cambridge: Harvard University Press, 1972.

Davies, Martin. *National Gallery Catalogue: The Early Italian Schools*. London, 1961.

Davis, Margaret Daly. *Piero della Francesca's Mathematical Treatises: The "Trattato d'abaco." and "Libellus de quinque corporibus regularibus."* Ravenna: Longo, 1977.

Degenhart, Bernhard, Annegrit Schmitt, and Hans-Joachim Eberhardt. *Corpus der italienischen Zeichnungen, 1300–1450, Teil II, Venedig: Addenda zu Sud- und Mitelitalien: Mariano Taccola*. Vol. 4, catalog 717–719. Berlin: Gebr. Mann, 1982. Reviewed by S. Y. Edgerton, *Art Bulletin* 68, no. 1 (1986): 160–163.

D'Elia, Pasquale M., S. I. (1). *Il mappamondo cinese di P. Matteo Ricci; terza edizione, Pechino, 1602, conservato presso la Biblioteca Vaticana*. Vatican City: Biblioteca Apostolica Vaticana, 1938.

D'Elia, Pasquale M., S. I. (2). *Le origini dell'arte cristiana cinese, 1583–1640*. Rome, 1940.

D'Elia, Pasquale M., 5. I., ed. (3). Fonte Ricciane: *Edizione nazionale delle opere edite e inedite di Matteo Ricci, S. I.* 3 vols. Rome, 1942–1949.

D'Elia, Pasquale M., S. I. (4). "Echi delle scoperte Galileiane in Cina vivente ancora Galileo (1612–1640)." *Atti della Accademia Nazionale dei Lincei; Rendiconti: Classe di scienze morali, anno 1943* 1(1946):125–193.

D'Elia, Pasquale M., S. I. (5). *Galileo in China: Relations through the Roman College between Galileo and the Jesuit Scientist-Missionaries (1610–1640)*. Trans, (of [4]) R. Suter and M. Sciascia. Cambridge: Harvard University Press, 1960.

Demus, Otto. *Byzantine Art and the West*. New York: New York University Press, 1970.

Deregowski, Jan B. "Pictorial Perception and Culture." *Scientific American 227*, no. 5 (1972): 82–90.

Dictionary of Scientific Biography. 16 vols. New York: Scribner's, 1970–1980.

Dijksterhuis, E. J. *The Mechanization of the World Picture*. Oxford: Clarendon, 1961.

Dilke, O. A. W. (a). *Greek and Roman Maps*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1985.

Dilke, O. A. W. (2). *Reading the Past: Mathematics and Measurement*. London: British Museum, 1987; Berkeley: University of California Press, 1987.

Dixon, Laurinda S. (1). *Alchemical Imagery in Bosch's "Garden of Delights."* Ann Arbor, Mich.: UMI Press, 1981.

Dixon, Laurinda S. (2). "Giovanni di Paolo's Cosmology." *Art Bulletin* 67, no. 4 (1985): 604–613.

Drake, Stillman, ed. and trans (1). *Discoveries and Opinions of Galileo*. Garden City, N.Y.: Doubleday, 1957.

Drake, Stillman (2). "Galileo's First Telescopic Operations." *Journal for the History of Astronomy* 7 (1976): 153–168.

Drake, Stillman and I. E. Drabkin, eds. and trans. *Mechanics in Sixteenth-Century Italy: Selections from Tartaglia, Benedetti, Guido Ubaldo, and Galileo*. Madison: University of Wisconsin Press, 1969.

Du Bartas, Guillaume de Salluste. *His Divine Weekes and Workes*. Trans. Iosuah Sylvester. London: Humfrey Lownes, 1605.

Dunne, George H., S. J. *Generation of Giants: The Story of the Jesuits in China in the Last Decades of the Ming Dynasty*. Notre Dame, Ind.: Notre Dame University Press, 1962.

Eade, J. C. *The Forgotten Sky: A Guide to Astrology in English Literature*. Oxford: Clarendon, 1984.

Eastwood, Bruce. "Medieval Science Illustrated." Review of John E. Murdoch, *Alburn of Science*. *History of Science* 24 (1986): 183–208.

Eckhart, Johannes. *Meister Eckhart*. Ed. F. Pfeiffer, trans. C. de B. Evans. London: J. M. Watkins, 1924/1931.

Edgerton, Samuel Y., Jr. (1). "Florentine Interest in Ptolemaic Cartography as Background for Renaissance Painting, Architecture, and the Discovery of America." *Journal of the Society of Architectural Historians* 33, no. 4 (1974): 275–292.

Edgerton, Samuel Y., Jr. (2). *The Renaissance Rediscovery of Linear Perspective*. New York: Basic Books, 1975.

Edgerton, Samuel Y., Jr. (3). "Mensurare temporalia facit Geometria spiritualis: Some Fifteenth-Century Italian Notions about When and Where the Annunciation Happened." In *Studies in Late Medieval and Renaissance Painting in Honor of Millard Meiss*, ed. I. Lavin and J. Plummer, pp. 115–130. New York: New York University Press, 1978.

Edgerton, Samuel Y., Jr. (4). *Pictures and Punishment: Art and Criminal Prosecution during the Florentine Renaissance*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1985.

Edgerton, Samuel Y., Jr. (5). "The Renaissance Development of the Scientific Illustration." In *Science and the Arts in the Renaissance*, ed. J. Shirley and F. Hoeniger, pp. 168–198. Washington, D. C.: Folger Library, 1985.

Edgerton, Samuel Y., Jr. (6). "From Mental Matrix to 'Mappamundi' to Christian Empire: The Heritage of Ptolemaic Cartography in the Renaissance." In *Art and Cartography: Six Historical Essays*, ed. David Woodward. Chicago: University of Chicago Press, 1987.

Eimer, Gerhard. "Francesco di Giorgios Fassadenfries am Herzogs Palast zu Urbino." In *Festschrift Ulrich Middeldorf*, ed. A. Kosegarten and P. Tigler, pp. 187–198. Berlin: De Gruyter, 1968.

Eisenstein, Elizabeth. *The Printing Revolution in Early Modern Europe*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

Elkins, James. "Perspective in the Maelstrom of Metaphor: Reading Paintings in Modern Scholarship and in Renaissance Practice." Forthcoming.

Ellenius, Allen, ed. *The Natural Sciences and the Arts: Aspects of Interaction from the Renaissance to the Twentieth Century, An International Symposium*. Uppsala: Almqvist & Wiksell, 1985.

Emerton, Norma E. *The Scientific Reinterpretation of Form*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1984.

Emiliani, Marisa Dalai (1). "Figure rinascimentali dei poliedri platonici. Qualche problema di storia e di autografia." In *Fra rinascimento manieriso e realtà. Scritti di storia dell'arte in memoria di Anna Maria Brizio*. Florence: Giunti Barbèra, 1984.

Emiliani, Marisa Dalai (2). "Raffaello e i poliedro platonici." In *Studi su Raffaello. Atti del Congresso Internazionale di Studi, Urbino/Firenze, 6–14 aprile, 1984*, ed. M. S. Hamoud and M. L. Strocchi. Florence, 1985.

Emiliani, Marisa Dalai, ed. (3). *La prospettiva rinascimentale: Codicazioni e trasgressioni*. Florence: Centro Di, 1980.

Euclid (1). *Euclidis Elementa*. Ed. I. L. Heiberg. 5 vols. Leipzig: B. G. Teubner, 1883–1888.

Euclid (2). *The Thirteen Books of Euclid's Elements*. Ed. and trans. Thomas L. Heath. Great Books of the Western World, vol 11. Chicago: Encyclopaedia Brittanica, 1952.

Evans, Michael. "The Geometry of the Mind." *Architectural Association Quarterly* 12, no. 4 (1980): 32–55.

Falb, Rodolfo. *Il taccuino senese di Giuliano da Sangallo*. Florence: Leo S. Olschki, 1902.

Farmer, Edward L. *Technology Transfer and Cultural Subversion: Tensions in the Early Jesuit Mission to China*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1983.

Feldhaus, Franz Maria. *Geschichte des technischen Zeichnens*. Wilhelmshaven: K. Kuhlmann, 1959. Reviewed by R. S. Hartenberg in *Technology and Culture* 2 (1961): 45.

Ferguson, Eugene S. "The Mind's Eye: Non-Verbal Thought in Technology." *Science* 197 (1977): 827–836.

Feyerabend, Paul. *Against Method: Outline of an Anarchist's View of Knowledge*. London: Humanities Press, 1975.

Field, J. V. (1). "Piero della Francesca's Treatment of Edge Distortion." *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes* 49 (1986): 66–90.

Field, J. V. (2). "Linear Perspective and the Projective Geometry of Girard Desargues." *Annali di storia*

della scienza 2, no. 2 (1987): 3–40.

Field, J. V. (3). *Kepler's Geometrical Cosmology*. Chicago: University of Chicago Press, 1988.

Field, J. V., and J. J. Gray. *The Geometrical Work of Girard Desargues*. Berlin: Springer, 1987.

Field, J. V., R. Lunardi, and Thomas B. Settle. "The Perspective Scheme of Masaccio's Trinity fresco." *Annali di storia della scienze* 4 (1989): fasc. pp. 31–118.

Filarete. *Filarete's Treatise on Architecture*. Ed. and trans. John R. Spencer. 2 vols. New Haven: Yale University Press, 1965.

Fiore, F. Paolo. *Città e macchine del'400 nei disegni di Francesco di Giorgio Martini*. Accademia Toscana di Scienze e Lettere "La Colombaria" Studi 49. Florence: Leo S. Olschki, 1978.

Firenze e la Toscana dei Medici nell'Europa del cinquecento: La corte, il mare i mercanti; La rinascita della scienza; Editoria e società; Astrologia, magia e alchimia. Florence: Electa Editrice, 1980. Exposition catalog.

Fischel, Oskar. *Raphaels Zeichnungen*. Berlin: G. Grote, 1912.

Fleming, John V. *From Bonaventure to Bellini: An Essay in Franciscan Exegesis*. Princeton: Princeton University Press, 1982.

Frangenberg, Thomas. "The Image and the Moving Eye: Jean Pélerin (Viator) to Guidobaldo del Monte." *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes* 49 (1986): 150–171.

Frankl, Paul. "The Secret of the Medieval Masons with an Explanation of Stornaloco's Formula by Erwin Panofsky." *Art Bulletin* 27 (1954): 46–60.

French, Calvin L. *Shiba Kōkan*. New York: Weatherhill, 1974.

French, Thomas E., and Carl L. Svensen. *Mechanical Drawing*. New York: McGraw-Hill, 1948.

Friedrich, Carl J. *The Age of the Baroque, 1610–1660*. New York: Harper Torch-books, 1962.

Frye, Roland Mushat. "Ways of Seeing, or Epistemology in the Arts: Unities and Disunities in Shakespearean Drama and Elizabethan Painting." *Shakespeare Quarterly* 31 (1980): 323–342.

Gabrieli, Giuseppe. "Giovanni Schreck Linceo, Gesuito e missionario in Cina e le sue lettere dall'Asia." *Rendiconto della Reale Accademia Nazionale dei Lincei classe di scienze morali, storiche e filologiche* (1936) 12 (1937): 461–514.

Galilei, Galileo (1). *Sidereus nuncius magna, longeque admirabilia spectacula pandens. . . .* Venice: Tommaso Biglione, 1610.

Galilei, Galileo (2). *Le opere di Galileo*. Ed. Antonio Favaro and Isodoro del Lungo 20 vols. Florence: G. Barbèra, 1890–1909; facsimile ed., 1968.

Galilei, Galileo (3). *Dialogue on the Great World Systems "Dialogo dei massimi sistemi"; in the Salusbury Translation*. Ed. Giorgio de Santillana. Chicago: University of Chicago Press, 1953.

Ghiberti, Lorenzo. *Lorenzo Ghibertis Denkwürdigkeiten*. Ed. and trans. Julius von Schlosser. 2 vols. Berlin: Julius Bard, 1912.

Gibbs-Smith, Charles. *The Inventions of Leonardo da Vinci*. New York: Scribner's, 1978.

Gibson, James J. (1). *The Perception of the Visual World*. Boston: Houghton Mifflin, 1950.

Gibson, James J. (2). *The Senses Considered as Perceptual Systems*. Boston: Houghton Mifflin, 1966.

Gibson, James J. (3). "The Information Available in Pictures." *Leonardo* 4 (1971): 27–35.

Gilbert, Creighton (1). "The Archbishop and the Painters of Florence." *Art Bulletin* 41 (1959): 75–87.

Gilbert, Creighton (2). "Florentine Painters and the Origins of Modern Science." In *Scritti di storia dell'arte in onore di Eduardo Arslan*. Milan, 1966.

Gilbert, Creighton (3). "The Egg Reopened Again." *Art Bulletin* 56 (1974): 252–259.

Gille, Bertrand. *Engineers of the Renaissance*. Cambridge: MIT Press, 1966.

Gingerich, Owen. "Dissertatio cum Professore Righini et Sidereo Nuncio." In *Reason, Experiment, and Mysticism*, ed. M. L. Righini-Bonelli and William R. Shea. New York: Science History Publications, 1975.

Ginsberg, Herbert, and Sylvia Hopper. *Piaget's Theory of Intellectual Development: An Introduction*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1969.

Gioseffi, Decio (1). *Perspectiva artificialis; per la storia della prospettiva: spigolature e appunti*. Trieste: Istituto di Storia dell'Arte Antica e Moderna, 1957.

Gioseffi, Decio (2). *Giotto architetto*. Milan: Edizioni di Communità, 1963.

Glahn, Else. "Chinese Building Standards in the 12th Century." *Scientific American* 244, no. 5 (1981): 162–173.

Goldstein, Thomas. *Dawn of Modern Science, from the Arabs to Leonardo da Vinci*. Boston: Houghton Mifflin, 1980.

Golzio, Vincenzo. *Raffaello, nei documenti nelle testimonianze dei contemporanei e nella letteratura del suo secolo*. Vatican City: Pontificia Insigne Accademia Artistica dei Virtuosi al Pantheon, 1936.

Gombrich, E. H. (1). *Art and Illusion: Study in the Psychology of Pictorial Perception*. Princeton: Princeton University Press, 1960.

Gombrich, E. H. (2). *Meditations on a Hobby Horse and Other Essays on the Theory of Art*. London: Phaidon, 1963.

Gombrich, E. H. (3). *Symbolic Images: Studies in the Art of the Renaissance*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1972; London: Phaidon, 1972.

Gombrich, E. H. (4). "The 'What' and the 'How': Perspective Representation and the Phenomenal World." In *Logic and Art: Essays in Honor of Nelson Goodman*, ed. R. Rudner and I. Scheffler. Indianapolis: Bobbs-Merrill, 1972.

Gombrich, E. H. (5). "Image and Code: Scope and Limits of Conventionalism in Pictorial Representation." In *Image and Code*, ed. Wendy Steiner. Ann Arbor, Mich.: H. H. Rackan School of Graduate Studies, 1981.

Goodman, Nelson. *Languages of Art: An Approach to a Theory of Symbols.* Indianapolis: Bobbs-Merrill, 1968.

Graham. A. C. "China, Europe, and the Origins of Modern Science: Needham's *The Grand Titration*." In *Chinese Science: Explorations of an Ancient Tradition*, ed. Shigeru Nakayama and Nathan Sivin. Cambridge: MIT Press, 1973.

Grant, Edward, and John E. Murdoch, eds. *Mathematics and Its Applications to Science and Natural Philosophy in the Middle Ages: Essays in Honor of Marshall Clagett.* London/New York: Cambridge University Press, 1987.

Hagen, Margaret A., ed. (1). *The Perception of Pictures.* 2 vols. New York: Academic Press, 1980.

Hagen, Margaret A. (2). *Varieties of Realism: Geometries of Representational Art.* Cambridge: Cambridge University Press, 1986.

Hagen, Margaret A., and Margaret M. Johnson. "Hudson Pictorial Depth Perception Test: Cultural Content and Question with a Western Sample." *Journal of Social Psychology* 101 (1977): 3–11.

Hagen, Margaret A., and Rebecca K. Jones. "Cultural Effects on Pictorial Perception: How Many Words Is One Picture Really Worth?" *Plenum* 1978: 171–212.

Hahnloser, H. R. *Villard de Honnecourt: Kritische Gesamtausgabe des Bauhuttenbuches ms. fr. 19093 der Pariser Nationalbibliothek.* Vienna, 1935; facsimile ed., Graz, 1972.

Hall, A. R. (1). *The Scientific Revolution, 1500–1800.* London: Longmans, Green, 1954.

Hall, A. R. (2). "Guido's *Texaurus*, 1335." In *On Pre-Modern Technology and Science: Studies in Honor of Lynn White, Jr.* ed. B. Hall and D. West. Malibu, Calif.: Undena, 1978.

Hall, A. R. (3). *The Revolution in Science.* London: Longmans, Green, 1983.

Hall, Bert S. (1). "Technical Treatises, 1400–1600: Implications of Early Non-verbal Thought for Technologists." Paper read at the annual meeting of the Society for the History of Technology, Washington, D. C., Oct. 22, 1977.

Hall, Bert S. (2). "Der Meister sol auch kennen schreiben und lesen: Writings about Technology ca. 1400–ca. 1600 and Their Cultural Implications." In *Early Technologies: Invited Lectures on the Middle East at the University of Texas at Austin*, ed. Denise Schmandt-Besserat. Malibu, Calif.: Undena, 1978.

Hall, Bert S. (3). "Giovanni de' Dondi and Guido da Vigevano: Notes toward a Typology of Medieval Technological Writings." In *Machaut's World: Science and Art in the Fourteenth Century*, ed. M. P. Cosman and B. Chandler. Annals of the New York Academy of Sciences, vol. 314. New York: New York Academy of Sciences, 1978.

Hall, Bert S. (4). "Editing Texts in the History of Early Technology." In *Editing Texts in the History of Science and Medicine*, ed. T. Levere. New York: Garland, 1982.

Hall, Bert S. (5). "Guido da Vigevano's *Texaurus regis Franciae*, 1335." In *Studies on Medieval "Fachliteratur,"* ed. W. Eamon. Brussels: UFSAL, 1982.

Hall, Bert S. (6). "Production et diffusion de certains traités de techniques au Moyen Âge." In *Cahiers d'études médiévales*, vol. 7: *Les Arts mécaniques au Moyen Âge*, ed. G. H. Allard and S. Lusignan. Institut d'études médiévales, Université de Montréal. Montreal: Bellarmin, 1982; Paris: J. Vrin, 1982.

Hall, Bert S. (7). *The Techological Illustrations of the So-Called Anonymous of the Hussite Wars: A Study and Edition of Codex latinus monacensis 197, part 1.* Wiesbaden: Ludwig Reichert, n.d.

Harley, J. B., and David Woodward, eds. *The History of Cartography*, vol. 1: *Cartography in Prehistoric, Ancient, and Medieval Europe and the Mediterranean*. Chicago: University of Chicago Press, 1987.

Hartner, Willy. "Terrestrial Interpretation of Lunar Spots." In *Reason, Experiment, and Mysticism*, ed. M. L. Righini-Bonelli and William R. Shea. New York: Science History Publications, 1975.

Hartt, Frederick. *History of Italian Renaissance Art*. 3d ed. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1988.

Haselberger, Lothar. "The Construction Plans for the Temple of Apollo at Didyma." *Scientific American* 253, no. 6 (1985): 126–132.

Haskell, Francis. *Patrons and Painters: A Study in the Relations between Italian Art and Society in the Age of the Baroque*. New York: Knopf, 1963.

Haskins, Charles Homer. (1). *Studies in the History of Medieval Science*. Cambridge: Harvard University Press, 1924.

Haskins, Charles Homer (2). *The Renaissance of the Twelfth Century*. Cambridge: Harvard University Press, 1927.

Hassan, Ahmad Y. al-, and Donald R. Hill, *Islamic Technology: An Illustrated History*. Cambridge: Cambridge University Press, 1986.

Hay, Malcolm. *Failure in the Far East: Why and How the Breach between the Western World and China First Began*. Wetteren, Belgium: Scaldis, 1956.

Heath, Thomas. *A History of Greek Mathematics*, vol. 1: *From Thales to Euclid.* Oxford: Clarendon, 1921.

Held, Richard (1). "Object and Effigy." In *Structure in Art and Science*, ed. Gyorgy Kepys. New York: Braziller, 1965.

Held, Richard (2). "Stereoacuity of Human Infants." *Proceedings of the National Academy of Science, U.S.A. 77*, no. 9 (1980): 5572–5574.

Heninger, S. K., Jr. (1). *Touches of Sweet Harmony: Pythagorean Cosmology and Renaissance Poetics*. San Marino, Calif.: Huntington Library, 1974.

Heninger, S. K., Jr. (2). *The Cosmographical Glass: Renaissance Diagrams of the Universe*. San Marino, Calif.: Huntington Library, 1977.

Herrlinger, Robert. *History of Medical Illustration from Antiquity to 1600*. Nijkirk/New York: Editions Medicina Rara, 1970.

Hetherington, Norriss S. *Science and Objectivity: Episodes in the History of Astronomy*. Ames: Iowa State University Press, 1988.

Hetzer, Theodor. *Gedanken um Raphaels Form*. Frankfurt am Main: Klostermann, 1957.

Hills, Paul. *The Light of Early Italian Painting*. New Haven: Yale University Press, 1987.

Holton, Gerald. *Thematic Origins of Scientific Thought: Kepler to Einstein*. Cambridge: Harvard University Press, 1973.

Hooke, Robert. *Micrographia, or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses with Observations and Inquiries Thereupon*. London: John Martyn, 1667.

Høyrup, Jens (1). "The Formation of 'Islamic Mathematics': Sources and Conditions." In *Filosofi og videnskabsteori på Roskilde Universitetscenter*, vol. 3. Roskilde, Denmark: Raekke. 1987.

Høyrup, Jens (2). "Archimedes, Not Platonism." In *Filosofi og videnskabsteori på Roskilde Universitetscenter*. Vol. 3. Roskilde, Denmark: Raekke, 1990.

Huelson, Christian. *Il libro di Giuliano da Sangallo: Codex Vaticano Barberiniano Latino 4424*. 2 vols. Leipzig: Otto Harrassowitz, 1910.

Isidore of Seville, St.: *Isidori Hispalensis Episcopi Etymologiarum sive Originum Libri XX*. Ed. William Lindsay. 2 vols. Scriptorum classicum Bibliotheca Oxoniensis. Oxford: Clarendon, 1985.

Ivins, William M., Jr. *Prints and Visual Communication*. London: Routledge & Kegan Paul, 1953.

Jäger, Fritz. "Das Buch von den wunderbaren Maschinen: Ein Kapitel aus der Geschichte der abendländisch-chinesischen Kulturbeziehungen." *Asia major*, n.s. 1 (1944): 78–96.

Jähns, Max. *Geschichte der Kriegswissenschaften vornehmlich in Deutschland*, vol. 1. Munich/Leipzig: R. Oldenbourg, 1889.

Jammer, Max (1). *Concepts of Space: The History of Theories of Space in Physics*. with foreword by Albert Einstein. Cambridge: Harvard University Press, 1954.

Jammer, Max (2). *Concepts of Mass in Classical and Modern Physics*. Cambridge: Harvard University Press, 1961.

Janson, H. W. *History of Art*. New York: Prentice-Hall, 1970.

Janson-La Palme, Robert. "Taddeo Gaddi's Baroncelli Chapel; Studies in Design and Content." Ph.D. diss., Princeton University, 1975; Ann Arbor, Mich.: University Microfilms.

Jazari, Ibn al-Razzaz al-. *The Book of Knowledge of Ingeruous Mechanical Devices*. Ed. and trans. Donald R. H. Hill. Dordrecht/Boston: Reidel, 1974.

Jennes, Josef. *Invloed der Vlaamsche Prentkimst in Indië, China, en japan, tijdens de xvi^e en xvii^e eeuw*. Louvain, 1943.

Joannides, Paul. *The Drawings of Raphael with a Complete Catalogue*. London: Phaidon, 1983.

Jones, Roger, and Nicholas Penny. *Raphael*. New Haven: Yale University Press, 1983.

Kaftal, George, and Fabio Bisogni. *Saints in Italian Art: Iconography of the Saints in the Painting of North East Italy*. Florence: Sansoni, 1978.

Kaufmann, Thomas da Costa. "The Perspective of Shadows: The History of the Theory of Shadow

Projection." *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes* 38 (1975): 258–287.

Keele, Kenneth D. *Leonardo da Vinci's Elements of the Science of Man*. New York/London: Academic Press, 1983.

Keller, A. G. A *Theatre of Machines*. New York: Macmillan, 1964.

Kellogg, Rhoda (1). *Analyzing Children's Art*. Palo Alto, Calif.: National Press, 1970.

Kellogg, Rhoda (2). *Children's Drawings/Children's Minds*. New York: Avon, 1979.

Kemp, Martin (1). "A Drawing for the *De Fabrica* and Some Thoughts upon the Vesalian Muscle-Men." *Medical History* 14 (1970): 277–288.

Kemp, Martin (2). "The Quattrocento Vocabulary of Creation, Inspiration, and Genius in the Visual Arts." *Viator* 8 (1977): 347–399.

Kemp, Martin (3). *Leonardo da Vinci: The Marvelous Works of Nature and Man*. Cambridge: Harvard University Press, 1981.

Kemp, Martin (4). "Geometrical Perspective from Brunelleschi to Desargues." *Proceedings of the British Academy* 70 (1984): 89–132.

Kemp, Martin (5). "Analogy and Observation in the Codex Hammer." In *Studi Vinciani in memoria di Nando di Toni*. Brescia: Ateneo di Scienze Lettere ed Arti, Centro Ricerche Leonardiane, 1986.

Kemp, Martin (6). *The Science of Art*. New Haven: Yale University Press, 1990.

Kennedy, John M. (1). "Haptic Pictures." In *Tactual Perception*, ed. W. Schiff and E. Foulke, pp. 305–333. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.

Kennedy, John M. (2). "Metaphor in Pictures." *Perception* 11 (1982): 589–605.

Kennedy, John M. (3). "What Can We Learn about Pictures from the Blind?" *American Scientist* 71, no. 1 (1983): 19–27.

Kennedy, John M. (4). "Syllepse und Katachrese in Bildern." *Zeitschrift für Semiotik* 7, nos. 1–2 (1985): 47–62.

Kennedy, John M., and Paul Gabias. "Metaphoric Devices in Drawings of Motion Mean the Same to the Blind and to the Sighted." *Perception* 14 (1985): 189–195.

Kitzinger, Ernst. *Byzantine Art in the Making*. Cambridge: Harvard University Press, 1977.

Kline, Morris. *Mathematics in Western Culture*. London: Oxford University Press, 1953.

Knappe, Karl-Adolf. *Dürer: Das graphische Werk*. Vienna/Munich: Anton Schroll, 1964.

Knoblock, Eberhard (1). "Mariano di Jacopo detto Taccolas 'De machinis': Ein Werk der italienischen Frührenaissance."*Technikgeschichte* 48, no. 1 (1981): 1–27.

Knoblock, Eberhard, ed. (2). *Mariano Taccola: De rebus militaribus*. Baden-Baden: Valentin Koerner, 1984.

Koestler, Arthur. *The Sleepwalkers: A History of Man's Changing Vision of the Universe*. London: Hutchinson, 1959.

Koyré, Alexandre (1). "Le Vide et l'espace infini au xiv[e] Siècle." *Archives d'histoire et littéraire du Moyen*

Age 17 (1949): 45–91.

Koyré Alexandre (2). *From the Closed World to the Infinite Universe*. New York: Harper & Row, 1957.

Krautheimer, Richard, and Trude Krautheimer-Hess. *Lorenzo Ghiberti*. 2 vols. Princeton: Princeton University Press, 1956.

Kubovy, Michael. *The Psychology of Perspective and Renaissance Art*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. Reviewed by S. Edgerton in *Word and Image* 4 (1988): 739–740.

Kuhn, Thomas S. (1). *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*. Cambridge: Harvard University Press, 1957.

Kuhnr Thomas S. (2). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press, 1962.

Kyeser aus Eichstätt, Konrad. *Bellifortis*. Ed. Götz Quarg. 2 vols. Düsseldorf: VDI, 1967. Reviewed by L. White, Jr., in *Technology and Culture* 1 (1967): 436–441.

Lacan, Jacques. *The Four Fundamental Concepts of Psycho-Analysis*. Trans. Alan Sheridan. New York: Norton, 1973.

La Maza, Francisco de. *Fray Diego Valadés: Escritor y grabador franciscano del siglo XVL*. Mexico City: Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas, 1945.

Laures, J., S. J. "Die alte Missionsbibliothek im Pei-t'ang zu Peking." *Monumenta nipponica* 2, no. 1 (1939): 124–139.

Leehey, S. C., A. Moskowitz-Cook, S. Brill, and R. Held. "Orientational Anisotropy in Infant Vision." *Science* 190 (1975): 900–902.

Lejeune, Albert. *Euclide et Ptolémée: Deux stades de l'optique géometrique grecque*. Louvain: Bibliothèque de l'Université, Bureau du Recueil, 1948.

Leonardo da Vinci (1). *Treatise on Painting*. Ed. and trans. Philip McMahon. 2 vols.. Princeton: Princeton University Press, 1956.

Leonardo da Vinci (2). *Corpus of the Anatomical Studies in the Collection of Her Majesty the Queen at Windsor Castle*. Ed. Kenneth D. Keele and Carlo Pedretti. 3 vols. New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1978–1980.

Levy, B. S., ed. *Developments in the Early Renaissance*. Albany: SUNY Press, 1972.

Lindberg, David C. (1). *A Catalogue of Medieval and Renaissance Optical Manuscripts*. Toronto: University of Toronto Press, 1975.

Lindberg, David C. (2). *Theories of Vision from Al-Kindi to Kepler*. Chicago: University of Chicago Press, 1976.

Lindberg, David C. (3)."On the Applicability of Mathematics to Nature." *British journal for the History of Science* 13 (1982): 10–14.

Lindberg, David C. (4). *Roger Bacon's Philosophy of Nature: A Critical Edition, with English Translation, Introduction and Notes, of "De multiplicatione specierum"*. . . . Oxford: Clarendon, 1983.

Lindberg, David C. (5). "The Genesis of Kepler's Theory of Light: Light Metaphysics from Plotinus to Kepler." *Osiris* 2, ser. 2 (1986): 5–42.

Livermore, H. V. *A New History of Portugal*. Cambridge: Cambridge University Press, 1966.

Loehr, George B. "Missionary-Artists at the Manchu Court."*Transactions of the Oriental Ceramic Society*, 1964.

Long, Pamela O. "The Contribution of Architectural Writers to a 'Scientific' Outlook in the Fifteenth and Sixteenth Centuries." *Journal of Medieval and Renaissance Studies* 15, no. 2 (1985): 265–298.

Lotz, Wofgang. *Studies in Italian Renaissance Architecture*. Cambridge: MIT Press, 1977.

McCall, John E. (1). "Early Jesuit Art in the Far East," I: "The Pioneers." *Artibus Asiae* 10 (1947): 121–137.

McCall, John E. (2). "Early Jesuit Art in the Far East," II: "Nobukata and Yamada Emosaku." *Artibus Asiae* 10 (1947): 216–233.

McCall, John E. (3). "Early Jesuit Art in the Far East," III: "The Japanese Christian Painters." *Artibus Asiae* 10 (1947): 283–301.

McCall, John E. (4). "Early Jesuit Art in the Far East," IV: "In China and Macao before 1635." *Artibus Asiae* 11 (1948): 45–69.

McCall, John E. (5). "Early Jesuit Art in the Far East," V: "More Discoveries." *Artibus Asiae* 17 (1954): 39–54.

Mahoney, Michael S. "Diagrams and Dynamics: Mathematical Perspectives on Edgerton's Thesis." In *Science and the Arts in the Renaissance*, ed. John W. Shirley and F. David Hoeniger. Washington, D.C.: Folger Books, 1985.

Mainstone, Rowland. "Brunelleschi's Dome of S. Maria del Fiore and Some Related Structures." *Transactions of the Newcomen Society* 42 (1969–1670): 107–126.

Manzalaoui, M. A., ed. *Secretum secretorurn: Nine English Versions*, vol. 1. Oxford: Oxford University Press, 1977.

March, Benjamin. "Linear Perspective in Chinese Painting." *Eastern Art* 3 (1931):113–139.

Marchini, G. *Filippo Lippi*. Milan: Electa, 1975.

Martinelli, Valentine. "Un documento per Giotto ad Assisi." *Storia dell'arte*, 19 (1973): 193–210.

Martini, Francesco di Giorgio. *Trattati di architettura ingegneria e arte militari*. Ed. C. Maltese and L. Maltese Degrassi. 2 vols. Milan: Il Polifilo, 1967.

Massera, Aldo Francesco. *Roberto Valturio 'omnium scientiarum doctor et monarcha'* (1405–1475). Faenza: Lega, 1958.

Matteoli, Anna (1). "Macchie di Sole e pittura: Carteggio L. Cigoli-G. Galilei (1609–1613)." *Accademia degli Euteleti: Rivista di Storia—lettere, scienze, arti* 32 (1959).

Matteoli, Anna (2). *Lodovico Cardi-Cigoli, pittore e architetto*. Pisa: Giardini, 1980.

Meiss, Millard (1). *Giotto and Assisi*. New York: New York University Press, 1960.

Meiss, Millard, ed. (2). *De Artibus Opuscula: Essays in Honor of Erwin Panofsky*. 2 vols. New York: New York University Press, 1961.

Meiss, Millard (3), with Leonetto Tintori. *The Painting of the Life of St. Francis in Assisi, with Notes on the Arena Chapel*. New York: New York University Press, 1962.

Meissr Millard (4), with Theodore G. Jones. "Once Again Piero della Francesca's Montefeltro Altarpiece." *Art Bulletin* 48 (1966): 203–206.

Meiss, Millard (5). *The Great Age of Fresco: Discoveries, Recoveries and Survivals*. New York/London: Phaidon, 1970.

Meiss, Millard (6). "Not an Ostrich Egg?" *Art Bulletin* 57 (1975): 116.

Michelini-Tocci, Luigi. "Disegni e appunti autografi di Francesco di Giorgio in un codice del Taccola." In *Scritti di storia dell'arte in onore di M. Salmi*, vol. 2. Rome: De Luca, 1962.

Miller, Jonathan. *The Body in Question*. New York: Vintage Books, 1982.

Mitchell, Charles. "The Imagery of the Upper Church at Assisi." In *Giotto e il suo tempo: Atti del congresso Internationale per la celebrazione del VII. centenario della nascità di Giotto*. Rome, 1971.

Mitchell, W. J. T. *Iconology: Image, Text, Ideology*. Chicago: University of Chicago Press, 1986.

Moffitt, John F. "Francisco Pacheco and Jerome Nadal: New Light on the Flemish Sources of the Spanish 'Picture-within-the-Picture." *Art Bulletin* 72 (1990): 631–639.

Monssen, Lief Holm. "*Rex Gloriose Martyrum*: A Contribution to Jesuit Iconography." *Art Bulletin* 63 (1981): 130–138.

Monte, Guidobaldo del. *I sei libri della prospettiva di Guidobaldo dei Marchesi del Monte dal latino interpretati e commentati . . .* (*Perspectivae libri sex, Pesaro, 1600*). Ed. and trans. Rocco Sinisgalli. Rome: L'Erma, 1984.

Morison, Samuel Eliot, *Journals and Other Documents on the Life and Voyages of Christopher Columbus*. New York: Heritage Press, 1963.

Murdoch, John E. *Album of Science: Antiquity and the Middle Ages*. New York: Scribner's, 1984.

Nadal, Hieronymus, S. J. *Evangelicae historiae imagines ex ordine Evaugeliorum, quae toto anno in Missae Sacrificio recitantur, In ordinem temporis vitae Christi digestae*. Antwerp: Martinus Nutius, 1593.

Nakayama, Shigeru, and Nathan Sivin, eds. *Chinese Science: Exploration of an Ancient Tradition: Essays Compiled in Honor of the Seventieth Birthday of Joseph Needham, F. R. S., R. B. A.* Cambridge: MIT Press, 1973.

注意：李约瑟的著作，不论独著还是合著，均依出版年代的次序列出。

Needham, Joseph (1), and Wang Ling. *Science and Civilisation in China*, vol.1, secs. 1–7: *Introductory Orientations*. Cambridge: Cambridge University Press, 1954.

Needham, Joseph (2), and Wang Ling. *Science and Civilisation in China*, vol. 2, secs. 8–18: *History of Scientific Thought*. Cambridge: Cambridge University Press, 1956.

Needham, Joseph (3), and Wang Ling. *Science and Civilisation in China*, vol. 3, secs. 19–25: *Mathematics and the Sciences of the Heavens and the Earth*. Cambridge: Cambridge University Press, 1959.

Needham, Joseph (4), Wang Ling, and Kenneth Girdwood Robinson. *Science and Civilisation in China*, vol. 4.1, sec. 26: *Physics and Physical Technology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1962.

Needham, Joseph (5), and Wang Ling. *Science and Civilisation in China*, vol. 4.2, sec. 27: *Physics and Physical Technology: Mechanical Engineering*. Cambridge: Cambridge University Press, 1965.

Needham, Joseph (6). *The Grand Titration: Science and Society in East and West*. Toronto: University of Toronto Press, 1969.

Needham, Joseph (7), Wang Ling, Lu Gwei-Djen, and Ho Ping-Yü. *Clerks and Craftsmen in China and the West: Lectures and Addresses on the History of Science and Technology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1970.

Needham, Joseph (8), Wang Ling, and Lu Gwei-Djen. *Science and Civilisation in China*, vol. 4.3, secs. 28–29: *Physics and Physical Technology: Civil Engineering and Nautics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1971.

Needham, Joseph (9), and Lu Gwei-Djen. *Science and Civilisation in China*, vol. 5.2, sec. 33: *Chemistry and Chemical Technology: Spagyrical Discovery and Invention: Magisteries of Gold and Immortality*. Cambridge: Cambridge University Press, 1974.

Needham, Joseph (10), Ho Ping-Yü, and Lu Gwei-Djen. *Science and Civilisation in China*, vol. 5.3, sec. 33 continued: *Chemistry and Chemical Technology: Spagyrical Discovery and Invention: Historical Survey, from Cinnabar Elixirs to Synthetic Insulin*. Cambridge: Cambridge University Press, 1976.

Needham, Joseph (11), Ho Ping-Yü, Lu Gwei-Djen, and Nathan Sivin. *Science and Civilisation in China*, vol. 5.4, sec. 33 continued: *Chemistry and Chemical Technology: Spagyrical Discovery and Invention: Apparatus, Theories, and Gifts*. Cambridge: Cambridge University Press, 1980.

Needham, Joseph (12). *Science in Traditional China*. Cambridge: Harvard University Press, 1981.

Needham, Joseph (13), and Lu Gwei-Djen. *Science and Civilisation in China*, vol. 5.5, sec. 33 continued: *Chemistry and Chemical Technology: Spagyrical Discovery and Invention: Physiological Alchemy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

Needham, Joseph (14), and Francesca Bray. *Science and Civilisation in China*, vol. 6.2, sec. 41: *Biology and Biological Technology: Agriculture*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

Needham, Joseph (15), and Tsien Tsuen-Hsuin. *Science and Civilisation in China*, vol. 5.1, sec. 32: *Chemistry and Chemical Technology: Paper and Printing*, Cambridge: Cambridge University Press, 1985.

Needham, Joseph (16), Ho Ping-yü, Lu Gwei-Djen, and Wang Ling. *Science and Civilisation in China*, vol. 5.7, sec. 30 cont.: *Chemistry and Chemical Technology: Military Technology: The Gunpowder Epic*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

Needham, Joseph (17), and Dieter Kuhn. *Science and Civilisation in China*, vol. 5.9, sec. 31: *Textile*

Technology: Spinning and Reeling. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

Nessi, Silvestro. *La Basilica di S. Francesco in Assisi e la sua documentazione storica*. Assisi: Casa Editrice Francescana, 1982.

Neugebauer, O. (1). "Ptolemy's Geography, Book VII, Chapter 6 and 7." *Isis* 50 (1959): 22–29.

Neugebauer, O. (2). *The Exact Sciences in Antiquity*. New York: Dover, 1969.

Neugebauer, O. (3). *A History of Ancient Mathematical Astronomy*. 3 pts. Berlin: Springer, 1975.

Neugebauer, O. (4). *Astronomy and History: Selected Essays*. New York: Springer, 1983.

Nicco Fasola, Giusta. *Piero della Francesca: De prospectiva pingendi*. With notes by E. Battisti and F. Ghione. Florence: Le Lettere, 1984.

Nicolson, Marjorie (1). *A World on the Moon: A Study of Changing Attitudes toward the Moon in the Seventeenth and Eighteenth Centuries*. Smith College Studies in Modern Languages, vol. 17.2. Northampton, Mass., 1936.

Nicolson, Marjorie (2). *Science and Imagination*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1956.

Nodine, Calvin F., and Dennis F. Fisher, eds. *Perception and Pictorial Representation*. New York: Praeger, 1979.

Oertel, R. *Fra Filippo Lippi*. Florence: Del Turco, 1949.

Olschki, Leonardo. *Geschichte der neusprachlichen wissenschftlichen Literatur*. Heidelberg: C. Winter, 1919.

Olson, Roberta J. M. "Raphael's Image of Astronomia in the Stanza della Segnatura: New Insights and Implications." Forthcoming.

Olson, Roberta J. M., and Jay M. Pasachoff. "New Information on Comet P/Halley as Depicted by Giotto di Bondone and Other Western Artists." *Astronomy and Astrophysics* 187 (1987): 1–11.

O'Malley, Charles D. *Andreas Vesalius of Brussels, 1514–1564*. Berkeley: University of California Press, 1964.

O'Malley, John, S. J. "Fulfillment of the Christian Golden Age under Pope Julius II: Text of a Discourse of Giles of Viterbo." In J. O'Malley, *Rome and the Renaissance: Studies in Culture and Religion*. London: Variorum Reprints, 1981.

Omont, H. "Un traité de physique et alchimie du xv[e] siècle: En écriture cryptographique." *Bibliothèque de l'École des Chartes* 58 (1897): 253–258.

Pacioli, Luca. *Divina proportione*. Venice, 1509. Reprinted in *Quellenschrift für Kunstgeschichte*, vol. 2 (n.s.), ed. C. Winterberg. Vienna: Carl Graeser, 1889.

Pagel, Walter. *William Harvey's Biological Ideas*. New York: Karger, 1967.

Panofsky, Erwin (1). "Die Perspektive als 'symbolische Form.' " In *Vorträge der Bibliothek Warburg, 1924–1925*, pp. 258–331. Leipzig, 1927.

Panofsky, Erwin (2). *The Codex Huygens and Leonardo da Vinci's Art Theory*. London: Warburg Institute,

1940.

Panofsky, Erwin (3). *Albrecht Dürer*. 2 vols. Princeton: Princeton University Press, 1948.

Panofsky, Erwin (4). "Artist, Scientist, Genius: Notes on the 'Renaissance-Dammerung.' " In W. K. Ferguson et al., *The Renaissance: Six Essays*. New York: Harper Torchbooks, 1953.

Panofsky, Erwin (5). *Galileo as Critic of the Arts: Aesthetic Attitude and Scientific Thought*. The Hague: Martinus Nijhoff, 1954. Reprinted (updated but abridged) in *Isis* 47 (1956): 1–18.

Panofsky, Erwin (6). *Meaning in the Visual Arts*. Garden City, N.Y.: Doubleday, 1955.

Panofsky, Erwin (7). *Early Netherlandish Painting; Its Origins and Character*. 2 vols. Cambridge: Harvard University Press, 1958.

Panofsky, Erwin (8). *Renaissance and Renascences in Western Art*. Stockholm: Almqvist & Wiksells, 1960

Panofsky, Erwin (9). *Gothic Architecture and Scholasticism*. New York: World, 1968.

Parker, Gary D. "Galileo and Optical Illusion." *American Journal of Physics* 54, no. 3 (1986): 248–252

Parker, John. *Windows into China: The Jesuits and Their Books*, 1580–1730. Boston: Boston Public Library, 1978.

Parkhurst, Charles. "Roger Bacon on Color: Sources, Theories, and Influence." In *The Verbal and the Visual: Essays in Honor of William S. Heckscher*, ed. K.-L. Selig and E. Sears. New York: Italica Press, 1990.

Parronchi, Alessandro (1). *Studi su la dolce prospettiva*. Milan: Aldo Martello, 1964.

Parronchi, Alessandro (2). "Il Filarete, Francesco di Giorgio e Leonardo su la 'costruzione legittima.' " *Rinascimento* 16 (1965): 155–167.

Parsons, William Barclay. *Engineers and Engineering in the Renaissance*. Cambridge: MIT Press, 1968.

Pasachoff, Jay M. *Astronomy: From the Earth to the Universe*. 3d ed. Philadelphia: Saunders, 1987.

Pecham, John. *John Pecham and the Science of Optics: Perspectiva communis*. Ed. David C. Lindberg. Madison: University of Wisconsin Press, 1970.

Pedretti, Carlo. *Leonardo Architect*. New York: Rizzoli, 1981/1985.

Pelliot, Paul. "La Peinture et la gravure européennes en Chine au'temps de Matthieu Ricci." *Toung Pao* 20 (1921): 1–18.

Petrarch. *Francesco Petrarca Prose*. Ed. Guido Martellotti et al. Le Letteratura Italiana: Storia e Testi 7. Milan: R. Ricciardi, 1955.

Petrucelli, R. Joseph, Jr. "The Development of the Vesalian Illustration." Ph.D. diss., Harvard University, 1969.

Pfeiffer, Heinrich, S. J. (1). *Zur Ikonographie von Raffaels Disputa*. Rome: Università Gregoriana Editrice, 1975.

Pfeiffer, Heinrich, S. J. (2). "Die Predigt des Egidio da Viterbo über das goldene Zeitalter und die Stanza della Segnatura." In *Festschrift Luitpold Dussler: 28 Studien zur Archäologie und Kunstgeschichte*, ed. J.

A. Schmoll et al., pp. 237–254. Munich/Berlin: Deutscher Kunstverlag, 1972.

Pfister, Louis, S. J. *Notices biographiques et bibliographiques sur les Jésuites de l'ancienne mission de Chine*, 1552–1773, vol. 1. Shanghai: Catholic Mission, 1932.

Pick, Anne D., ed. *Perception and Development: A Tribute to Eleanor J. Gibson. Hillsdale*, N.J.: Erlbaum, 1979.

Pirenne, M. H. (1). "The Scientific Basis for Leonardo da Vinci's Theory of Perspective." *British journal for the Philosophy of Science* 3 (1952–1953): 169–185.

Pirenne, M. H. (2). *Vision and the Eye*. 2d ed. London: Science Paperbacks, 1967.

Pirenne, M. H. (3). *Optics, Painting and Photography*. Cambridge: Cambridge University Press, 1970.

Pittaluga, M. *Filippo Lippi*. Florence: Del Turco, 1949.

Plesters, J., and A. Roy. "The Materials and Techniques: Cennino Cennini's Treatise Illustrated." *National Gallery Technical Bulletin* 9 (1985): 26–35.

Poeschke, Joachim. *Die Kirche San Francesco in Assisi und ihre Wandmalereien*. Munich: Hirmer, 1985.

Polzer, Joseph. "The Anatomy of Masaccio's Holy Trinity." *Jahrbuch der Berliner Museen* 13 (1971): 18–59.

Popham, A. E., and P. Pouncey. *Italian Drawings in the Department of Prints and Drawings in the British Museum: The Fourteenth and Fifteenth centuries*. 2 vols. London: British Museum, 1950.

Popper, Karl R. *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*. New York: Harper & Row, 1965.

Prager, Frank D. "A Manuscript of Taccola, Quoting Brunelleschi on Problems of Inventors and Builders." *Proceedings of the American Philosophical Society* 112 (1968): 131–149.

Prager, Frank D., and Gustina Scaglia (1). *Brunelleschi: Studies of His Technology and Inventions*. Cambridge: MIT Press, 1970.

Prager, Frank D., and Gustina Scaglia (2). *Mariano Taccola and His Book "De Ingeneis."* Cambridge: MIT Press, 1972.

Prezziner, Giovanni. *Storia del pubblico studio fiorentino*. 2 vols. Florence: Carli, Borgo Ss. Apostoli, 1810.

Price, Derek J. de Solla. *Science since Babylon*. New Haven: Yale University Press, 1961.

Promis Carlo (1). *Dell'arte dell'ingegnere e dell'artigliere in Italia dalla sua origine sino al principio del xvi secolo memorie storiche*. Turin: Chirio & Mina, 1841.

Promis, Carlo (2). *Biografia di ingegnieri militari italiani dal secolo xiv alla metà xviii*. Turin: Bocca, 1874.

Prosperi, Adriano. "Intorno ad un catechismo figurato del tardo '500." *Quaderni di Palazzo Te* 2 (January-June 1985): 44–53.

Pudelko, G. "Per la datazione delle opere di fra Filippo Lippi." *Rivista d'Arte* 18 (1936): 47–56.

Ramelli, Agostino. *Le Diverse et Artificiose Machine*. Paris, 1588; facsimile ed. Oxford: Clarendon, 1975. Published in English, with commentary by E. S. Ferguson and M. T. Gnudi, as *The Various and*

Ingenious Machines of Captain Agostino Ramelli (1588). Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1976.

Rash-Fabbri, Nancy. "A Note on the Stanza della Segnatura." *Gazette des Beaux Arts* 94 (October 1979): 77–104.

Rathe, Kurt. *Die Ausdrucksfunktion extrem verkürzter Figuren*. London: Warburg Institute, 1938.

Reaves, Gibson, and Carlo Pedretti. "Leonardo da Vinci's Drawings of the Surface Features of the Moon." *Journal of the History of Astronomy* 18 (1987): 55–58.

Redig de Campos, Deoclecio. *The "Stanze" of Raphael*. Rome: Del Turco, 1968. Redondi, Pietro. *Galileo Heretic*. Princeton: Princeton University Press, 1987. Trans.R. Rosenthal. Reviewed by R. S. Westfall in *Science* 237 (1987): 1059–1060.

Reti, Ladislao. "Francesco di Giorgio Martini's Treatise on Engineering and Its Plagiarists." *Technology and Culture* 4 (1963): 287–298.

Reynolds, Ted. "The Accademia del Disegno in Florence: Its Formation and Early Years." Ph.D. diss., Columbia University, 1974. Ann Arbor, Mich.: University Microfilms.

Ricard, Robert. *The Spiritual Conquest of Mexico*. Berkeley: University of California Press, 1966.

Ricci, Franco Maria (assisted by G. Guadalupi, J. F. Schütte, and M. Bussagli). *China: Arts and Daily Life as Seen by Father Matteo Ricci and Other Jesuit Missionaries*. Milan: F. M. Ricci, 1984.

Riddle, John M. *Dioscorides on Pharmacy and Medicine*. Austin: University of Texas Press, 1985.

Righini, Guglielmo. "New Light on Galileo's Lunar Observations." In *Reason, Experiment, and Mysticism*, ed. M. L. Righini-Bonelli and W. R. Shea. New York: Science History Publications, 1975.

Robb, David M. *The Art of the Illuminated Manuscript*. Philadelphia: Art Alliance. 1973.

Robertson, Merle Greene. *The Sculptures of Palenque*, vol. 1. Princeton: Princeton University Press, 1983.

Rocchi, Giuseppe. *La Basilica di San Francesco ad Assisi: Interpretazione e rilievo*. Florence: Sansoni, 1982.

Rodakiewicz, Erla. "The *Editio Princeps* of Valturio's *De re militari* in Relation to the Dresden and Munich mss." *Maso Finiguerra* 5 (1940): 15–82.

Rodler, Hieronymus, and Johann II of Bavaria. *Eyn schön nützlich büchlein und underweisung der kunst des Messens mit dem Zirckel, Richtscheidt oder Linial*. Simmern, 1531. Facsimile ed., ed. Trude Aldrian, Graz: Instrumentaria artium, 1970.

Rose, Paul Lawrence (1). "The Taccola Manuscripts." *Physis* 10 (1968): 337–346.

Rose, Paul Lawrence (2). *The Italian Renaissance of Mathematics: Studies on Humanists and Mathematicians from Petrarch to Galileo*. Geneva: Droz, 1975.

Rose-Inness, Christopher. "Where to Draw the Line?" *New Science* 7 (1989): 41–43.

Rossi, Paolo. *Philosophy, Technology, and the Arts in the Early Modern Era*. New York: Harper & Row, 1970.

Rossi, Paolo Alberto. *Le cupole del Brunelleschi, capire per conservare*. Bologna: Calderini, 1982.

Rotondi, Pasquale, Michele Provinciali, and Mauro Masera. *Francesco di Giorgio nel Palazzo Ducale di Urbino*. Milan: Provinciali Spotorno, 1970.

Rufus, W. Carl, and Hsing-chih Tien. *The Soochow Astronomical Chart*. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1945.

Rühl, Theo; Joanne Baptiste Thierry, C. M.; J. Van den Brandt; and H. Verhaeren, C. M. "Catalogue Bibliothecae Domus Pe-Tang Congregationis Missionis Pekini Sinarum, 1862." *Monumenta serica* 4, no. 2 (1939): 605–626.

Ruskin, John. *The Complete Works*. Ed. E. T. Cook and Alexander Wedderburn. 39 vols. London: George Allen, 1903.

Saalman, Howard (1), ed. *The Life of Brunelleschi by Antonio di Tuccio Manetti*. Trans. Catherine Enggass. University Park: Pennsylvania State University Press, 1970.

Saalman, Howard (2). *Filippo Brunelleschi: The Cupola of Santa Maria del Fiore*. London: Allenheld & Schram, 1980. Reviewed by M. Trachtenberg in *Journal of the Society of Architectural Historians* 42, no. 3 (1983): 292–297.

Saliba, George. "The Function of Mechanical Devices in Medieval Islamic Society." *Annals of the New York Academy of Sciences* 441 (1985): 141–151.

Sandström, Sven. *Levels of Unreality: Studies in Structure and Construction in Italian Mural Painting during the Renaissance*. Uppsala Studies in the History of Art, n.s. 4. Stockholm: Almqvist & Wiksell, 1963.

Santillana, Giorgio di. *The Crime of Galileo*. Chicago: University of Chicago Press, 1955.

Sarton, George. *The Appreciation of Ancient and Medieval Science during the Renaissance (1450–1600)*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1955.

Saunders, J. B de C. M., and Charles O'Malley. *The Illustrations from the Works of Andreas Vesalius of Brussels*. New York: Dover, 1973.

Scaglia, Gustina. "Building the Cathedral of Florence." *Scientific American* 264, no. 1 (January 1991): 66–76.

Schlosser, Julius von, ed. (1). *Lorenzo Ghibertis Denkwürdigkeiten*, vol. 1. Berlin: J. Bard, 1912.

Schlosser, Julius von, ed. (2). *La letteratura artistica: Manuale delle fonti della storia dell'arte moderna*. Florence: La Nuova Italia, 1964. First published in German, Vienna: Anton Schroll, 1935.

Schön, Erhard. *Unnderweissung der Proportzion und Stellung der Possen. Nürnberg, 1542*. Ed. Leo Baer. Frankfurt am Main: General Versammlung der Gesellschaft der Bibliophilen, 1920.

Schurhammer, Georg, S. J. "Die Jesuitenmissionare des 16. und 17. Jahrhunderts und ihr Einfluss auf die japanische Malerei." *Jubiläums-Band: Deutschen Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens*. Tokyo: Kejimachi-ku, 1933.

Schütte, Josef Franz, S. J. *Valignano's Mission Principles for Japan*. 2 vols. St. Louis: Institute for Jesuit Sources, 1980–1985.

Seeger, Raymond J. *Galileo Galilei, His Life and Works*. Oxford: Pergamon, 1966.

Segre, Michael. "Viviani's Life of Galileo." *Isis* 80, no. 302 (1989): 207–231.

Serlio, Sebastiano. *Regole generali di architettura ... con nuove additioni*. Venice: Francesco Marcolini da Forli, 1540.

Settle, Thomas B. (1). "Ostilio Ricci, a Bridge between Alberti and Galileo." In *Actes: XII. Congrès International d'Histoire des Sciences*, vol. 3B. Paris: A. Blanchard, 1971.

Settle, Thomas B. (2). "Egnazio Danti and Mathematical Education in Late Sixteenth-Century Florence." In *New Perspectives on Renaissance Thought: Essays in Honor of Charles B. Schmitt, ed. J.* Harris and S. Hutton. London: Duckworth, 1990.

Sgarbi, Vittorio. "De divina proportione." *FMR* 9 (1982): 104–116.

Shapiro, Sheldon. "The Origin of the Suction Pump." *Technology and Culture* 5 (1965): 571–580.

Shea, William R. "Panofsky Revisited: Galileo as Critic of the Arts." In *Renaissance Studies in Honor of Craig Hugh Smyth*. Florence: Giunti Barbera, 1985.

Shearman, John. "The Vatican Stanze: Functions and Decoration." *Proceedings of the British Academy* 57 (1971): 369–424.

Sheehan, William. *Planets and Perception: Telescopic Views and Interpretations, 1609–1909*. Tucson: University of Arizona Press, 1988.

Shelby, Lon (1). "Geometrical Knowledge of Medieval Masons." *Speculum* 47 (1972): 395–421.

Shelby, Lon (2). *Gothic Design Technique: The Fifteenth-Century Design Booklets of Mathes Roriczer and Hanns Schmuttermayer*. Carbondale: Southern Illinois University Press, 1977.

Shirley, John (1). "Thomas Harriot's Lunar Observations." In *Science and History: Studies in Honor of Edward Rosen*. Studia Copernicana, vol 16. Wroclaw, 1978.

Shirley, John (2). *Thomas Harriot: A Biography*. Oxford: Clarendon, 1983.

Shirley, John, and David Hoeniger, eds. *Science and the Arts in the Renaissance*. Washington, D.C.: Folger Books, 1985.

Sirigatti, Lorenzo. *La pratica di prospettiva del Cavaliere Lorenzo Sirigatti al Serenissimo Ferdinando Medici Granduca di Toscana*. Venice: Girolamo Franceschi Sanese, Libraio in Firenze, 1596.

Smart, Alastair (1). *The Assisi Problem and the Art of Giotto: A Study of the Legend of St. Francis in the Upper Church of San Francesco, Assisi*. Oxford: Clarendon, 1971.

Smart, Alastair (2). *The Dawn of Italian Painting, 1250–1400*. London: Phaidon, 1978; Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1978.

Spence, Jonathan D. *The Memory Palace of Matteo Ricci*. New York: Viking, 1984.

Steinberg, Leo. *The Sexuality of Christ in Renaissance Art and in Modern Oblivion*. New York: Pantheon,

1983.

Steinberg, Leo, and S. Y. Edgerton, Jr. "How Shall This Be? Reflections on Filippo Lippi's *Annunciation* in London." pts I and II. *Artibus et Historiae* 16 (1987): 25–55

Stiefel, Tina. "'Impious Men': Twelfth-Century Attempts to Apply Dialectic to the World of Nature." In *Science and Technology in Medieval Society*, ed. Pamela O. Long. Annals of the New York Academy of Sciences, vol. 441. New York: New York Academy of Sciences, 1985.

Stillwell, Margaret Bingham. *The Awakening Interest in Science during the First Century of Printing*, 1450–1550. New York: Bibliographical Society of America, 1970.

Stoddard, Whitney S. *Art and Architecture in Medieval France*. New York: Harper & Row, 1972.

Straker, Stephen. "The Eye Made 'Other': Dürer, Kepler, and the Mechanisation of Light and Vision." In *Science, Technology, and Culture in Historical Perspective*, ed. L. Knafia, M. Staum, and T. Travers. University of Calgary Studies in History, no. 1. Calgary: University of Calgary Press, 1976.

Stubblebine, James H. *Assisi and the Rise of Vernacular Art*. New York: Harper & Row, 1985. Reviewed by John White in *Burlington Magazine* 128 (1986): 828–830.

Sullivan, Michael. *The Meeting of Eastern and Western Art: From the Sixteenth Century to the Present Day*. London: Thames & Hudson, 1973.

Sung Yiang-hsing. *Tên-Kung K'ai-Wu* [Creation of nature and man] : *Chinese Technology in the Seventeenth Century. Trans*. E-tu Zen Sun and Shiou-chuan Sun. University Park: Pennsylvania State University Press, 1966.

Taccola, Mariano di Jacopo detto il (1). *Liber tertius de ingeneis ac edifitiie non usitatis*. Ed. James H. Beck. Milan: Polifilo, 1969.

Taccola, Mariano (2). *De machinis: The Engineering Treatise of 1449: Introduction, Latin Texts, Descriptions of Engines, and Technical Commentaries*. 2 vols. Wiesbaden, 1971.

Tanturli, Giuliano. "Rapporti del Brunelleschi con gli ambienti letterari." In *Filippo Brunelleschi: La sua opere e il suo tempo*, 1:125–145. Florence: Centro Di, 1980.

Ten Doesschate, G. (1). *De derde commentaar van Lorenzo Ghiberti in verband met de mildeleeuwsche optiek*. Utrecht: Drukkerij Hoonte, 1940.

Ten Doesschate, G. (2). *Perspective: Fundamentals, Controversials, History*. Nieuwkoop: B. De Graaf, 1964.

Thieme, Ulrich, and Felix Becker. *Allgemeine Lexikon der bildenden Künstler von der Antike bis zur Gegenwart*. 42 vols. Leipzig: E. A. Seemann, 1907

Thorndike, Lynn. *A History of Magic and Experimental Science during the First Thirteen Centuries of Our Era*. 8 vols. New York: Columbia University Press, 1923–1958.

Toesca, E. "Un codice inedito del Valturio." *Paragone* 7 (1956): 55–56.

Trachtenberg, Marvin. "What Brunelleschi Saw: Monument and Site at the Palazzo Vecchio in Florence." *Journal of the Society of Architectural Historians* 47 (1988): 14–44.

Treip, Mindele Anne. *"Descend from Heav'n Urania": Milton's "Paradise Lost" and Raphael's Cycle in the Stanza della Segnatura*. Victoria, B.C.: ELS Monographs, 1985.

Tuan, Yi-fu (1). *Topophilia: A Study of Environmental Perception, Attitudes, and Values*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1974.

Tuan, Yi-fu (2). *Space and Place: The Perspective of Experience*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1977.

Tufte, Edward R. *Envisioning Information*. Cheshire, Conn.: Graphics Press, 1990.

Vagnetti, Luigi. *De naturali et artificiali perspectiva: Studi e documenti de architettura*, nos. 9–10. Florence: Cattedra di composizione architettonica della facoltà dell'Università di Firenze, 1979.

Valturio, Roberto. *De re militari*. Verona: Giovanni Nicolai, 1472.

Van Helden, Albert (1). "The Telescope in the Seventeenth Century." *Isis* 65 (1974): 38–59.

Van Helden, Albert (2). "The 'Astronomical Telescope': 1611–1650." *Annali dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza* 1, no. 2 (1976): 13–37.

Van Helden, Albert (3). "The Invention of the Telescope." *Transactions of the American Philosophical Society* 67 no. 4 (1977).

Van Helden, Albert, ed. and trans. (4). *Galileo Galilei: Sidereus Nuncius or the Sidereal Messenger* Chicago: University of Chicago Press, 1990.

Vasari, Giorgio, *Le vite de'più eccellenti pittori scultori e architettori nelle redazione del 1550 e 1568*. Ed. R. Bettarini and P. Barocchi. 8 vols. Florence: Studio per Edizione Scelte. 1966–1984.

Veltman, Kim H. (1) (with Kenneth D. Keele). Studies on Leonardo da Vinci, vol. 1: *Linear Perspective and the Visual Dimensions of Science and Art*. Munich: Deutscher Kunstverlag, 1986.

Veltman, Kim H. (2). "Bibliography of Primary Sources in Perspective." Unpublished book manuscript

Veltman, Kim H. (3). "The Sources of Perspective." Unpublished book manuscript.

Verantius, Faustus. *Machinae Novae Fausti Verantii Sicani cum Declaratione Latina, Italica, Hispanica, Gallica, et Germanica*. Venice, 1615.

Verhaeren, H., C. M., ed. *Catalogue de la Bibliothèque du Pé-T'ang*. Beijing: Imprimerie des Lazaristes, 1949. Facsimile ed. Paris: Belles Lettres, 1969.

Vesalius, Andreas. *De humani corporis fabrica*. Basel: Johannes Oporinus, 1543. 2d ed. 1555. Original woodcuts republished in *Icones anatomiae*. New York: McFarlane, Warde, McFarlane, 1934.

Vitruvius. *Vitruvius on Architecture [De architectura]*. Ed. and trans. F. Granger. 2 vols. London: W. Heinemann, 1934.

Vurpillot, Eliane. *The Visual World of the Child*. New York: International Universities Press, 1976.

Waley, Arthur. *An Introduction to the Study of Chinese Painting*. London: Ernest Benn, 1923.

Weber, Max. *The Religion of China*. ["Konfuzionismus und Taoismus," in Weber's *Gesammelte Aufsätze zur Religionssoziologie*, Tübingen, 1920–1921.] Trans. H. Gerth. Glencoe, Ill.: Free Press, 1951.

Weil-Garris Brandt, Kathleen. "Cosmological Patterns in Raphael's Chigi Chapel in S. Maria del Popolo."

In *Raffaello a Roma: Il Convegno del 1983*. Rome: Elefante, 1985.

Wells, Wilfred H. *Perspective in Early Chinese Painting*. London, 1935.

Westfall, Richard S. "Scientific Patronage: Galileo and the Telescope." *Isis* 76 (1985): 11–31.

Whitaker, Ewen A. "Galileo's Lunar Observations and the Dating of the Composition of *Sidereus Nuncius*." *Journal for the History of Astronomy* 9 (1978): 155–169.

White, John (1). *Art and Architecture in Italy, 1250–1400*. Baltimore: Penguin, 1966.

White, John (2). "Cimabue and Assisi: Working Methods and Art Historical Consequences." *Art History* 4 (1981): 355–383.

White, John (3). *The Birth and Rebirth of Pictorial Space*. 3d ed. London: Faber & Faber, 1989.

White, Lynn, Jr. (1). "Natural Science and Naturalistic Art in the Middle Ages." *American Historical Review* 52 (1946): 421–435.

White, Lynn, Jr. (2). *Medieval Technology and Social Change*. Oxford: Clarendon, 1962.

White, Lynn, Jr. (3). "What Accelerated Technological Progress in the Western Middle Ages?" In *Symposium on the History of Science*, ed. A. C. Crombie. New York: Basic Books, 1963.

White, Lynn, Jr. (4). "Kyeser's 'Bellifortis': The First Technological Treatise of the Fifteenth Century." *Technology and Culture* 10 (1969): 436–441.

White, Lynn, Jr. (5). "The Flavor of Early Renaissance Technology." In *Developments in the Early Renaissance*, ed. B. S. Levy. Albany: SUNY Press. 1972.

Wickersheimer, Ernest (1). "L' 'Anatomie' de Guido de Vigevano, médicin de la reine Jeanne de Bourgogne (1345)." *Archiv für Geschichte der Medizin* 7, no. 1 (1914): 1–23.

Wickersheimer, Ernest (2). *Anatomies de Mondino dei Luzzi et de Guido da Vigevano*. Paris: E. Droz, 1926.

Wiesinger, Lisalotte. "Die Anfänge der Jesuitenmission und die Anpassungsmethode des Matteo Ricci." In *China und Europa; Chinaverständnis und Chinamode im 17. und 18. Jahrhundert, Schloss Charlottenburg, 16 Sept.–11 Nov. 1973*. Exhibition catalog. Berlin, 1973.

Wightman, W. P. D. *Science in a Renaissance Society*. London: Hutchinson University Library, 1972.

Winner, Matthias. "Disputa und Schule von Athen." In *Raffaello a Roma*. Rome: Elefante, 1986.

Wittkower, Rudolf. *Art and Architecture in Italy, 1600–1750*. Baltimore: Pelican, 1965.

Wittkower, Rudolf, and Irma Jaffe, eds. *Baroque Art: The Jesuit Contribution*. New York: Fordham University Press, 1972.

Wohl, Hellmut, and Alice Wohl. *Portugal*. New York: Scala, 1983.

Wood, Charles T. "The Doctor's Dilemma: Sin, Salvation, and the Menstrual Cycle in Medieval Thought." *Speculum* 56, no. 4 (1981): 710–727.

Woods-Marsden, Joanna. "French Chivalric Myth and Mantuan Political Reality in the Sala del Pisanello." *Art History* 8, no. 4 (1985): 397–412.

Yates, Frances A. *The Art of Memory*. London: Routledge & Kegan Paul, 1966.

Zonca, Vittorio. *Novo Teatro di Machine e Edificii*. Padua: F. Bertelli, 1607.

图片目录

哈佛大学霍顿图书馆许可

246　图8-9　阿古斯蒂诺·拉美里《论各种工艺机械》中的版画，1588年。图片出版获得了哈佛大学霍顿图书馆许可

247　图8-10　《古今图书集成》中一位佚名中国艺术家的木刻版画，1726年。图片出自哈佛大学哈佛-燕京图书馆藏书，获得使用许可。

247　图8-11　《古今图书集成》中一位佚名中国艺术家的木刻版画，1726年。图片出自哈佛大学哈佛-燕京图书馆藏书，获得使用许可。

248　图8-12　《营造法式》中一位佚名中国艺术家的木刻版画，约1103年。图片出自哈佛大学哈佛-燕京图书馆藏书，获得使用许可。

248　图8-13　《农书》中一位佚名中国艺术家的木刻版画，约1313年。图片出自哈佛大学哈佛-燕京图书馆藏书，获得使用许可。

249　图8-14　宋应星《天工开物》中一位佚名中国艺术家的木刻版画，1637年。图片出自哈佛大学哈佛-燕京图书馆藏书，获得使用许可。

252　图E-1　雅马哈摩托车前轮装配分解图，出自XS650型1974—1977维修手册。图片由加利福尼亚普安那公园雅马哈机车公司提供。

图书在版编目（CIP）数据

乔托的几何学遗产：科学革命前夕的美术与科学 /（美）小塞缪尔·Y.埃杰顿著；杨贤宗，张茜译. —北京：商务印书馆，2017
（何香凝美术馆·艺术史名著译丛）
ISBN 978 - 7 - 100 - 15604 - 2

Ⅰ.①乔… Ⅱ.①小…②杨…③张… Ⅲ.①艺术 - 关系 — 科学 — 研究 Ⅳ.①J0-05

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第296041号

乔 托 的 几 何 学 遗 产
科学革命前夕的美术与科学
〔美〕小塞缪尔·Y.埃杰顿　著
杨贤宗　张　茜　译

商 务 印 书 馆 出 版
（北京王府井大街36号　邮政编码 100710）
商 务 印 书 馆 发 行
山东临沂新华印刷物流集团印刷
ISBN 978 - 7 - 100 - 15604 - 2

2018年1月第1版　　开本 670×970　1/16
2018年1月第1次印刷　　印张 20

定价：72.00元